

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-093522

(43)Date of publication of application : 07.04.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21)Application number : 2003-321419

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 12.09.2003

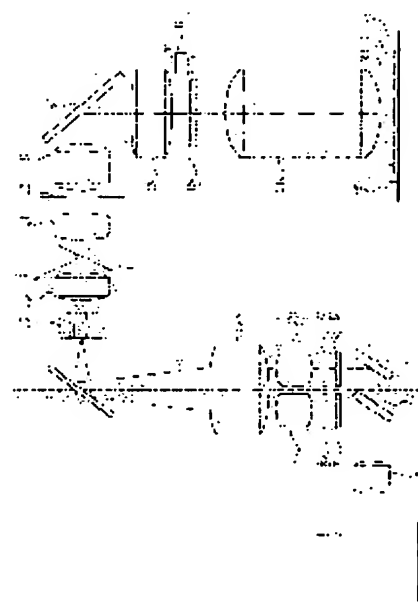
(72)Inventor : SUZUKI AKIYOSHI

## (54) OPTICAL ILLUMINATION SYSTEM AND ALIGNER USING THE SAME

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an illumination system wherein matching of optical system by polarization and CGH is aimed at, and which is suitable particularly to a high NA optical system like the projection optical system of an liquid immersion type aligner.

SOLUTION: In the aligner, an optical path is divided into plurality, CGH and polarization unit are set in each of the optical paths, and the lighting optical system which performs re-integration of both of them by the plane of incidence of an integrator is installed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

In the illumination-light study system which illuminates an illuminated field by the flux of light from the light source,

Division optical system which divides the flux of light from said light source into the flux of light which carries out incidence to the 1st diffracted-light study component, and the flux of light which carries out incidence to the 2nd diffracted-light study component,

The 1st polarization unit which adjusts the polarization condition of the flux of light from said 1st diffracted-light study component,

The 2nd polarization unit which adjusts the polarization condition of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component,

The illumination-light study system characterized by having the integrated optical system which unifies the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and the flux of light from said 2nd diffracted-light study component, and is led to said irradiated plane.

[Claim 2]

The illumination-light study system according to claim 1 characterized by having a means to adjust the quantity of light of the flux of light from a means to adjust the quantity of light of the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and/or said 2nd diffracted-light study component.

[Claim 3]

The illumination-light study system according to claim 2 characterized by forming the protection-from-light means in the optical path of the flux of light which carries out incidence to said 1st and/or 2nd diffracted-light study component.

[Claim 4]

It has the detector which detects the quantity of light of the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and the quantity of light of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component, The illumination-light study system according to claim 2 characterized by adjusting the ratio of the quantity of light of the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and the quantity of light of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component with said means.

[Claim 5]

It has the integrator which forms two or more secondary light sources by the flux of light from said light source,

Said integrated optical system is an illumination-light study system according to claim 1 characterized by unifying the flux of light from the said 1st and 2nd diffracted-light study component by the plane of incidence of this integrator.

[Claim 6]

Said integrated optical system is an illumination-light study system according to claim 1 characterized by having zoom optical system.

[Claim 7]

Said 1st or 2nd polarization unit is an illumination-light study system according to claim 1 characterized by having  $\lambda/2$  pivotable plate.

[Claim 8]

Said the 1st or said 2nd diffracted-light study component is an illumination-light study system according to claim 1 characterized by the pivotable thing.

[Claim 9]

In the illumination-light study system which illuminates an illuminated field by the flux of light from the light source,

It has the 1st and 2nd diffracted-light study component in which the flux of light from said light source carries out incidence,

The illumination-light study system characterized by for the flux of light from said 1st diffracted-light study component forming the 1st part among the illumination distribution in the predetermined side which turns into said irradiated plane with the relation of the Fourier transform substantially, and the flux of light from said 2nd diffracted-light study component forming the 2nd part among these illumination distribution.

[Claim 10]

It has the 3rd and 4th diffracted-light study component in which the flux of light from said light source carries out incidence,

The illumination-light study system according to claim 9 characterized by for the flux of light from said 3rd diffracted-light study component forming the 3rd part among said illumination distribution, and the flux of light from said 4th diffracted-light study component forming the 4th part among said illumination distribution.

[Claim 11]

The polarization condition of the flux of light which illuminates said 1st part, and the polarization condition of the flux of light which illuminates said 2nd part are an illumination-light study system according to claim 13 characterized by being the linearly polarized light which intersects perpendicularly mutually.

[Claim 12]

In the illumination-light study system which illuminates an illuminated field by the flux of light from two or more light sources,

The 1st diffracted-light study component in which the flux of light from the 1st light source carries out incidence among said two or more light sources,

The 2nd diffracted-light study component in which the flux of light from the 2nd light source carries out incidence among said two or more light sources,

The 1st polarization unit which adjusts the polarization condition of the flux of light from said 1st diffracted-light study component,

The 2nd polarization unit which adjusts the polarization condition of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component,

The illumination-light study system characterized by having the integrated optical system which unifies the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and the flux of light from said 2nd diffracted-light study component, and is led to said irradiated plane.

[Claim 13]

In the illumination-light study system which illuminates an illuminated field by the flux of light from the light source,

A diffracted-light study component and the 1st and 2nd optical system which has a polarization unit,

The illumination-light study system characterized by having the integrated optical system which unifies said flux of light from the 1st optical system and flux of light from said 2nd optical system, and is led to said irradiated plane.

[Claim 14]

The aligner characterized by having the illumination-light study system of claim 1-13 which illuminates a reticle given in any 1 term, and the projection optics which projects the pattern of this reticle on a substrate.

[Claim 15]

It has the detector which detects the quantity of light of the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and the quantity of light of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component,

The aligner according to claim 14 characterized by adjusting the ratio of the quantity of light of the flux of light from said 1st diffracted-light study component, and the quantity of light of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component.

[Claim 16]

Said illumination-light study system has the monitor section which carries out the monitor of the quantity of light in the location equivalent to said reticle side,

The aligner according to claim 15 characterized by performing the calibration of this monitor according to adjustment of said balance.

[Claim 17]

Said detector is an aligner according to claim 15 characterized by detecting the quantity of light in the

location equivalent to said reticle side or said substrate side.

[Claim 18]

The device manufacture approach characterized by having the process which exposes a substrate using the aligner of claim 14-17 given in any 1 term, and the process which develops this substrate.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the aligner which exposes processed objects, such as an illumination-light study system which took polarization into consideration especially and a single crystal substrate for semi-conductors using it, and a glass substrate for liquid crystal displays, about the aligner which used an illumination-light study system and it.

[Background of the Invention]

[0002]

With detailed-izing of a semiconductor device, exposure wavelength used with a semi-conductor aligner is short-wavelength-ized increasingly, and is becoming ArF (193nm) and the situation to observe from KrF (248nm) to 157nm of F2 laser further. Moreover, the big value which NA of projection optics is also enlarged by coincidence and usually exceeds 1.2 in an ambient atmosphere in the case of the projection optics of 0.90 and an immersion aligner is also going to be realized.

[0003]

Detailed-ization is a reasonable big factor supporting the dynamics of semiconductor industry, and is 256M. From the time when 0.25-micrometer resolving was required by DRAM, a generation is changing quickly to 180 morenm, 130nm, and 100nm. Although resolving below wavelength was not used in the lithography to i line (365nm), KrF will be applied to 180nm line breadth of 130 morenm, though it is 248nm in wavelength. It can be said that the time which puts resolving below wavelength in practical use has been got into stride, making full use of results, such as an advance of a resist, and a super resolution technique. If full use of various super resolution techniques is made, one third of the line breadth of wavelength will go into the visual field of practical use in Rhine and a tooth space.

[0004]

However, it is the constraint on a pattern following on a super resolution technique in many cases, and the royal road of the improvement in resolution shortening wavelength after all, and raising NA of projection optics. Moreover, in the former, it must come to take into consideration a parameter which was not made into the problem as the fine analysis of image formation progresses in recent years. The problem of the polarization accompanying being the flare or light being an electromagnetic wave etc. is mentioned to these.

[Patent reference 1] JP,8-008177,A

[Patent reference 2] JP,4-366841,A

[Patent reference 3] JP,5-088356,A

[Patent reference 4] JP,5-090128,A

[Patent reference 5] JP,6-124872,A

[Patent reference 6] JP,6-181167,A

[Patent reference 7] JP,6-188169,A

[Patent reference 8] JP,2001-284212,A

[Patent reference 9] JP,11-176721,A

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0005]

Among these problems, the problem of polarization has gradually big effect increasingly as NA of projection optics becomes large. the time of two beams crossing the problem of polarization -- this -- it is a

problem of stopping interfering, if polarization of two beams lies at right angles. Since the include angle of an optical axis and one beam becomes 45 degrees when two beams are temporarily arranged to the optical axis at the symmetry, when it becomes the NA0.71 neighborhood, the pair of a beam which satisfies this rectangular condition will occur. Therefore, in projection optics which exceeds 0.80 of the present condition, conditions in which image formation beams stop interfering will already have existed.

[0006]

In the case of an immersion type aligner, existence of rectangular conditions is more critical. Because, include-angle  $\theta_{PR}$  which the beam of light which carried out incidence to the resist with a refractive index  $n_{PR}$  by  $\theta_0$  even if it had become rectangular conditions in the ambient atmosphere (it is called dry cleaning below) of the usual air or nitrogen, helium, etc. has in a resist

$\sin\theta_0 = n_{PR} \sin\theta_{PR} \quad (1)$

It is because a next door and an include angle become smaller than  $\theta_0$  and it stops fulfilling rectangular conditions. Since the refractive index of a resist with a wavelength of 193nm is before and after 1.7, if  $\theta_{PR}$  become 45 degrees, since the right-hand side of (1) type will be set to  $1.7 \times \sin 45 \text{ degree} = 1.20$  and will exceed 1, it cannot actually happen that  $\theta_{PR}$  become 45 degrees and fulfill rectangular conditions, when dry.

[0007]

However, since between a resist and projection optics is filled with the liquid in immersion exposure, the case where a beam of light is seldom refracted but  $\theta_{PR}$  become 45 degrees will exist.

[0008]

In order to cope with this, making it not drop the contrast of the image in which controls the polarization condition of an illumination-light study system, and image formation is carried out by projection optics is also proposed (for example, one to patent reference 7 reference.).

[0009]

The motion that the illumination-light study system which, on the other hand, controlled variously the angular distribution which illuminates a reticle in connection with high resolving power, and was optimized to the pattern which can be burned will be constituted is remarkable. Various light source configurations, such as not only the conventional simple zona-orbicularis lighting but 4-fold pole, a double pole, 6-fold pole, etc., were proposed, and it has contributed to enlarging exposure likelihood and the depth of focus. As a diffracted-light study component, an illumination-light study system is realized by inserting CGH (Computer Generated Hologram), and the flexibility which meets the demand of various light source configurations is carrying out the serious contribution for the advance of optical lithography to it (for example, the patent reference 8, 9 reference.).

[0010]

However, the demand to the polarization which is becoming remarkable, and the illumination-light study thing with flexibility are especially the new technical problems which did not exist conventionally in an immersion type aligner.

[0011]

Then, the instantiation-purpose of this invention aims at matching of the optical system by polarization and the diffracted-light study component, and is to offer the suitable illumination-light study system for high NA optical system like the projection optics of an immersion type aligner especially.

[Means for Solving the Problem]

[0012]

In order to attain the above-mentioned purpose, the illumination-light study system as one side face of this invention The division optical system divided into the flux of light which carries out incidence of the flux of light from said light source to the 1st diffracted-light study component in the illumination-light study system which illuminates an illuminated field by the flux of light from the light source, and the flux of light which carries out incidence to the 2nd diffracted-light study component, The 1st polarization unit which adjusts the polarization condition of the flux of light from said 1st diffracted-light study component, It is characterized by having the integrated optical system which unifies the 2nd polarization unit which adjusts the polarization condition of the flux of light from said 2nd diffracted-light study component, and the flux of light from said 1st diffracted-light study component and the flux of light from said 2nd diffracted-light study component, and is led to said irradiated plane.

[0013]

The further purpose of this invention or the other descriptions will be hereafter clarified by the desirable example explained with reference to an attached drawing.

[Effect of the Invention]

[0014]

Before, a powerful illumination-light study system can be offered.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0015]

Below, based on the drawing of attachment of the gestalt of operation of this invention, it explains at a detail.

[Example 1]

[0016]

Drawing 1 shows the configuration of the example 1 of the illumination-light study system in the aligner by this invention.

[0017]

In the case of the excimer laser used for an aligner, the light injected from the laser 1 as the light source is usually the linearly polarized light. In order to control the polarization condition as the whole illumination-light study system, the polarization property which laser originally has is used in this example.

[0018]

After the light which injected laser prepares the shape of beam so that it may have consistency in the optical system which continues by the beam plastic surgery optical system 2 which subsequently has a beam expander etc., it goes into the beam splitter 3 as division optical system, and is divided into two. In fact, laser is put on the location distant from the aligner due to the arrangement location, by the time it results in a beam splitter, it is taken about, and the light guide of the long distance may be carried out through optical system. What is necessary is just to set up the film of a beam splitter so that the light of s-polarized light may be divided by the intensity ratio of 1:1 supposing a laser beam goes into a beam splitter 3 by s-polarized light at the relation of leading about until it results [ from laser ] in a beam splitter.

[0019]

What is necessary is just to use a polarization beam splitter as a beam splitter 3, supposing laser is a non-polarized thing. Two light divided also in this case is the linearly polarized light which intersects perpendicularly mutually, and reinforcement is also almost equal. The reinforcement of the optical path after dividing in short is almost equal, and a division operation from which it is in the linearly polarized light condition is performed.

[0020]

The light which penetrated the beam splitter 3 is reflected by the mirror 4. Incidence of the divided light is carried out to the polarization units 5a and 5b, CGH6a, and 6b by the separate optical path, respectively. Although later mentioned about these operations, what the polarization unit which adjusts a polarization condition to each optical path in short, and CGH which forms an effective light source configuration are independently arranged for (the 1st optical system which has polarization unit 5a and CGH6a, and the 2nd optical system which has polarization unit 5b and CGH6b are arranged at the respectively different optical path) is an important point in this invention.

[0021]

Subsequently, light passes Collimators 7a and 7b, they carry out incidence to the beam integrated optical system 8, and it results in an integrator 10. In the case of this example, the integrator 10 serves as an eye lens of a fly, and forms two or more secondary light sources in the injection side.

[0022]

The configuration of the illumination-light study system after an integrator 10 illuminates the reticle of 16 through the mirror of 14, and the collimator of 15 from the capacitor of 11a and 11b, the slit of 12, and the capacitor of 13. Moreover, in order to detect the quantity of light which an illumination-light study system gives in order to perform light exposure control, the beam splitter 17 which takes out light is arranged among Capacitors 11a and 11b by this example. The quantity of light on a reticle side is detectable by the photodetector 18 arranged movable on a reticle side.

[0023]

Projection image formation of the light which penetrated the reticle 11 is carried out to a wafer 22 through projection optics 21. The wafer is laid on the wafer chuck 23 and further 23 is carried on the wafer stage 24. On a wafer stage, the detection system 25 which has the detector which detects the quantity of light is carried, and the quantity of light which passed an illumination-light study system and the whole projection optics can be detected.

[0024]

Although the example was shown here in the location which is equivalent to a reticle side or a wafer side in the location of a photodetector, a detector can attain the same function also in the location made considerable to a pupil position.

[0025]

Drawing 2 showed the principle which performs control of the flexibility of the effective light source required of an aligner, and a polarization condition. Here, the relation of the CGH(s) 6a and 6b and the integrator 10 which are a key component was shown. That is, although the effective light source distribution needed by CGH(s) 6a and 6b on an integrator 10 is formed in this invention, it is characterized by polarization being independently controllable by having set aside the optical path of 6a and 6b about each optical path. For this reason, light can be used effectively and an efficient illumination-light study system can be constituted. In addition, what is necessary is just to, form effective light source distribution in the place which serves as a Fourier transform side (pupil conjugation side) substantially to the reticle as a result in short in this example, by CGH(s) 6a and 6b as a diffracted-light study component, although the same effective light source distribution has been acquired in respect of injection by forming effective light source distribution in the plane of incidence since the eye lens of a fly is used as an integrator. Therefore, as an integrator, also when the optical pipeline as an internal reflection mirror is used, the same effectiveness can be acquired.

[0026]

Drawing 3 is drawing showing the principle when performing 4-fold pole lighting which has the effective light source for example, on XY shaft. As shown in drawing, the effective light source on a Y-axis has lateral polarization, and, as for the effective light source on the X-axis, it is desirable to have the polarization direction of a lengthwise direction. Then, CGH6a makes the upper left 61a1 of drawing 3, and distribution like 61a2 on the X-axis of 10. The polarization condition at this time is the linearly polarized light, and the polarization direction is a lengthwise direction. On the other hand, CGH6b makes the upper right 61b1 of drawing 3, and distribution like 61b2 on the Y-axis of 10. The polarization condition at this time is the linearly polarized light, and the polarization direction is a longitudinal direction. What is necessary is for CGH(s) 6a and 6b to rotate 90 degrees, and just to arrange them, when the same object can be used and it arranges. Control of the polarization direction is performed by the polarization controlling elements 5a and 5b. Rotation  $\lambda/2$  plate etc. can be used as polarization controlling elements 5a and 5b. Since 5a and 5b have been independent, respectively, the polarization condition of the light which passed CGH(s) 6a and 6b can be controlled independently, and light can be led to an integrator 10. The effective light source which is under drawing 3 is obtained as a result, and lighting with which the polarization direction turned into a tangential direction which intersects perpendicularly with the line which connects a core is realized.

[0027]

Although the effective light source which passed the same CGH, 61a1 [ i.e., ], 61a2 and 61b1, and 61b2 are made to the same quantity of light by CGH at this time, it is necessary to also arrange the quantity of light of a 61a line light and 61b line light. For this reason, if the ND filter for quantity of light adjustment is put into each optical path, it will become possible to perform exposure line breadth control correctly. Moreover, since the amount of adjustments which is actually needed is minute, the diaphragm from which the magnitude of a path serves as adjustable can be put into the optical path before going into CGH, and mutual adjustment can also be performed. About the detail of a quantity of light adjustment function, it mentions later.

[0028]

The effectiveness of CGH has large effectiveness, when performing double pole lighting. Drawing 4 shows the situation when realizing double pole lighting on the X-axis. CGH6a makes the upper left 62a1 of drawing 4, and distribution like 62a2 on the X-axis of 10 like drawing 3. The polarization condition at this time is the linearly polarized light, and the polarization direction is a lengthwise direction. On the other hand, CGH6b also makes the upper right 62b1 of drawing 4, and distribution like 62b2 on the X-axis of 10. The polarization condition at this time is the linearly polarized light, and the polarization direction is a lengthwise direction. CGH(s) 6a and 6b can use the same object by the same arrangement. The light which passed CGH(s) 6a and 6b according to an operation of the polarization controlling elements 5a and 5b has the same polarization condition. Since the polarization controlling elements 5a and 5b only rotate the polarization direction and are not accompanied by reduction in the quantity of light, it can illuminate at the same effectiveness as 4-fold pole lighting of drawing 3 also by double pole lighting.

[0029]

Drawing 5 is drawing in the case of carrying out double pole lighting of arrangement different 90 degrees



from the case of drawing 4 . CGH6a makes the upper left 63a1 of drawing 5 , and distribution like 63a2 on the Y-axis of 10. The polarization condition at this time is the linearly polarized light, and the polarization direction is a longitudinal direction. On the other hand, CGH6b also makes the upper right 63b1 of drawing 5 , and distribution like 63b2 on the Y-axis of 10. The polarization direction at this time is also a longitudinal direction. CGH(s) 6a and 6b can use the same object as drawing 4 by the arrangement which was corrected and was rotated 90 degrees. The light which passed CGH(s) 6a and 6b according to an operation of the polarization controlling elements 5a and 5b also in this case can have the same polarization condition, and can be illuminated at the same effectiveness as 4-fold pole lighting of drawing 3 .

[0030]

CGH can also make more complicated effective light source distribution easily. Drawing 6 is the example and a center section is the example of implementation of the effective light source which there is no polarization property and gave the polarization property of a tangential direction only to the periphery section. Each point reinforcement of the part of effective light source 64a formed of CGH6a is 1/2 of the reinforcement of the parts of 64a1 and 64a2 among drawing, and the polarization direction is adjusted to the lengthwise direction. Moreover, each point reinforcement of the part of effective light source 64b formed of CGH6b is 1/2 of the reinforcement of the parts of 64b1 and 64b2, and the polarization direction is controlled by the longitudinal direction. If both are compounded, as intensity distribution, it is uniform, and a part for a core does not have a polarization property and can realize the effective light source to which only the outside part is polarizing to the tangential direction most.

[0031]

Control of the polarization direction can also set up the polarization unit 5 in the direction not only of the direction in every direction but arbitration by controlling the setting angle of  $\lambda/2$  pivotable plate, then  $\lambda/2$  plate. Drawing 7 is the example which realized zona-orbicularis lighting which has the polarization condition of a tangential direction combining the polarization direction of the direction of  $\pm 45$  degree. If form the effective light source 65a1 of the direction of  $+45$  degree, and 65a2 by CGH of one of the two as shown in drawing, and the effective light source 65b1 of the direction of  $-45$  degree and 65b2 are made to form by one side another CGH as shown in drawing and it piles up on an integrator 10, the zona-orbicularis lighting formed in the polarization direction of  $\pm 45$  degrees is realizable.

[0032]

Furthermore, it has the non-illuminating section of a cross-joint mold at the core like drawing 11 , and the part of the direction of  $\pm 45$  degree of the circumference of it is possible also for the parts of no polarizing and the direction of  $\pm 90$  degree realizing effective light source distribution which is polarization of a tangential direction.

[0033]

In addition, it is possible to also realize easily combination of more complicated effective light source distribution and the polarization direction.

[0034]

When making the different effective light source form, it is necessary to exchange CGH(s) according to the configuration of the light source. For example, it will be necessary to exchange CGH(s) also with zona-orbicularis lighting in the time of 2/3 zona orbicularis and 3/4 zona orbicularis. It is necessary to determine the outer diameter of a parameter with one [ important ] more, i.e., the effective light source, as zona-orbicularis lighting. It is equivalent to this controlling the magnitude (path) of the zona orbicularis formed on an integrator 10, and the beam integrated optical system 8 carries out this role. 8 has a zoom function in order for the zona orbicularis not to restrict but to change the magnitude on the integrator of the effective light source.

[0035]

Of course, the lighting configuration which carried out the usual round shape as a function of an illumination-light study system is also searched for. At this time, adjusting the so-called sigma (= the reticle side numerical aperture of the reticle side numerical aperture / projection optics of an illumination-light study system) is called for. Therefore, the configuration of the illumination distribution in the pupil surface (equivalent to a reticle side, and the field and the injection side of an integrator 10 which have the relation of the Fourier transform) of an illumination-light study system must be changed, and making adjustable the diameter of the flux of light of integrator plane of incidence is called for. The zoom function of 8 corresponds to this adjustable demand. When a circular effective light source configuration can be searched for, CGH6 by which a circular pattern is formed on an integrator is used. Or optical system using the usual lens may be made into a turret type using a circular thing, and you may insert in optical system. When

lighting which does not have the specific polarization direction is required and there is a pattern which only the same quantity of light should put in the linearly polarized light which intersects perpendicularly mutually, and required the phase shift only in the specific direction, it is also possible to constitute a system so that it may have the specific polarization direction in intentionally.

[0036]

As stated above, in this example, by the exchange and the zoom function of CGH as a diffracted-light study component, the flexibility of an illumination-light study system will improve sharply, and control of the polarization direction will also be attained further.

[0037]

In CGH, exchange also requires time amount and, as for many things to do for class preparation, cost is also needed. However, it becomes possible to reduce sharply the number of each CGH(s) which will be prepared if a rotation function is added to CGH. For example, it sees taking the case of the double pole lighting shown in drawing 4 and drawing 5. A configuration simplifies [ that 90 degrees only rotated and ] the configuration of the double pole itself by drawing 4 and drawing 5. When it explains referring to the number of the system of drawing 1 about the case of drawing 4 first, since CGH(s) 6a and 6b make the effective light source of the configuration where it is the same on the \*\* integrator 10 form, they are completely the same and good. That is, the same CGH can be used.

[0038]

On the other hand, the double pole of drawing 5 rotates 90 degrees of configurations of the double pole of drawing 4. In this case, what is necessary will be just to rotate 90 degree of CGH(s) used by the system of drawing 4. Therefore, if the rotation function is attached to the CGH itself, when changing into the effective light source of drawing 5 from the effective light source of drawing 4, the need of exchanging CGH(s) will be lost. furthermore, the configuration of each double pole which constitutes 4-fold pole of the system of drawing 3 -- drawing 4 and 5 -- the same -- 61 [ namely, ] of drawing 3 -- if a1, a2, 62a1 of drawing 4 and a2 and 61b1 of drawing 3, 63b1 of b2 and drawing 5, and b2 are the same, CGH required to make the effective light source configuration of drawing 3 -5 can be managed with one kind and two sheets.

[0039]

However, in order to form the effective light source configuration of the class of further others, two or more kinds of CGH(s) may be needed, and each CGH is considered as the configuration it can insert

[ configuration ] from an optical path in that case. At this time, it is good also as a configuration which puts two or more kinds of CGH(s) on a turret, and is changed into an optical path.

[0040]

In addition, in the above-mentioned example, although modification of a polarization condition was enabled by arranging a polarization unit to each in two or more optical paths, when there is no need of changing especially a polarization condition, those parts or all may be omitted.

[Example 2]

[0041]

Hereafter, the example 2 of this invention is explained.

[0042]

Drawing 8 is drawing showing a part of illumination-light study system of an example 2, and in order to control polarization more finely than an example 1, after the light from the light source injects the beam plastic surgery optical system 2, it shows the optical-path division section of a configuration of quadrisecting an optical path, for example, having enabled it to control not only the direction in every direction but the direction of \*\*45 more degree. After 2 \*\*\*\*s of optical paths are first carried out by the beam splitter 3, further, 2 \*\*\*\*s of each are carried out by beam splitters 31A and 31B, and four beams are formed of them. The polarization units 5A-5D, CGH6A-6D, and four non-illustrated collimators are arranged at each beam, respectively. About an eight or less optical-path integrated component configuration, since it is the configuration of the example 1 shown by drawing 1, and the same configuration, explanation is omitted here.

[0043]

Drawing 7 is the example in which the zona-orbicularis lighting which has the polarization direction of a tangential direction by the system of drawing 8 was made to form. Since there are four optical paths and the four polarization directions are controllable, zona-orbicularis lighting is made to form combining the linearly polarized light of four directions (0 degree, 90 degrees, and \*\*45 degrees) in this example. namely, the 1st optical path -- the 0 degree of the polarization directions -- the effective light source of 61A1 and A2, and the 2nd optical path -- the 90 degrees of the polarization directions -- 61B1, the effective light source of

B-2, and the 3rd optical path -- the +45 degrees of the polarization directions -- 61 -- the effective light source of C1 and C2, and the 4th optical path -- the -45 degrees of the polarization directions -- 61 -- the effective light source of D1 and D2 is formed, and the whole zona orbicularis is formed. It is used that the effective light source of arbitration can be made from CGH. The periphery section of the effective light source serves as the linearly polarized light of a tangential direction.

[0044]

In the case of this example, since it doubled with the configuration of the eye of a fly, CGH has become with the configuration of using two kinds two sheets at a time, but when making the effective light source of a configuration which cut the doughnut completely form by each CGH, it is also possible to put the same CGH on each optical path by the arrangement which it rotated 45-degree four sheets at a time mutually.

[0045]

Of course, when the polarization direction of four directions is not required, it is also possible to be also able to arrange all the light from CGH in the same polarization direction, and to carry out in a 2-way or the three directions by adjustment of the polarization unit 5. It can be easily set as optimum conditions at this example whether it changes into what kind of polarization condition, although it changes with properties of the pattern used as the candidate for exposure.

[Example 3]

[0046]

Hereafter, the example 3 of this invention is explained.

[0047]

This example shows how to perform quantity of light detection and quantity of light accommodation in an example 1 or the aligner of 2.

[0048]

The method of detecting the quantity of light poses a problem by the illumination-light study system which treats a polarization condition free. A beam splitter 17 is allotted to the optical system after an integrator 10, the monitor of the quantity of light of light reflected there is carried out in the light integrator unit LI as the monitor section, and light exposure is controlled by the system of drawing 1. However, since the beam splitter 17 is aslant arranged to the optical axis of an illumination-light study system, naturally a reflection factor changes with polarization. Since it is the complicated thing in which \*\*45 degrees or the other include angle may also exist not only like the direction in every direction but like drawing 6 as the polarization direction is in drawing 3 -5 by the illumination-light study system of this invention, it is difficult to carry out the monitor of the energy which an illumination-light study system gives to a reticle correctly by the quantity of light detection system with a polarization property.

[0049]

Moreover, it may be necessary to balance the quantity of light of optical paths depending on the case. For example, when a difference is in the effective light source on the X-axis of the system of drawing 3, and the effective light source reinforcement on a Y-axis, it may happen that the line breadth of the vertical line formed when it exposes, and striping differs. It is generated from the engine performance of a beam splitter 3, and the individual difference of the CGH itself, and this quantity of light difference may be considered to be the difference of the optical paths after separating by 3.

[0050]

Since both the image and the polarization direction of the effective light source which the parted optical paths make from a double polar system like drawing 4 or drawing 5 on the other hand are the same, matching of the quantity of light of the optical paths which have separated unlike the case of drawing 3 does not have the need of taking.

[0051]

Therefore, to use the effective light source like drawing 3 before exposing, it is necessary to adjust the quantity of light of the split optical paths. For this reason, in this invention, while detecting and adjusting the quantity of light of the parted optical paths by the movable detector 18 which can be arranged in the location of a reticle looks this, it is characterized by carrying out the calibration of the value of the light integrator LI.

[0052]

Moreover, with the function same by the photoelectrical detection system 25 which can detect the quantity of light in the location of a wafer looks this instead of the detector 18 put on this [ reticle looks ] and which has been arranged on a wafer stage, i.e., quantity of light detection of the parted optical paths, if required, adjustment and the calibration function of the light integrator LI can be given. Even if it carries out by 18,

the direction which uses 25 detected by the wafer side when projection optics 21 has a polarization property although the result is alike even if it carries out by 25 can perform light exposure control with a more high precision. KATAJIOPU trick optical system can be raised as an example in which projection optics 21 has a polarization property.

[0053]

Next, the procedure of defining quantity of light adjustment of each optical path and the control condition of a light integrator is explained. First, the zoom of the polarization state control means 5 of an illumination-light study system, CGH6, and the optical-path integrated component 8 is set to the exposed conditions.

[0054]

Each optical path divided by the beam splitter 3 is equipped with the shutter and quantity of light adjustment function which can intercept the light of this optical path independently. In detecting the quantity of light of the optical path of each, first, it is made for light to pass only the 1st optical path, and the remainder shades. The quantity of light detected in this condition 18 or 25 and the value of LI at this time are memorized in non-illustrated memory. Here, suppose that the quantity of light is detected by the quantity of light detection system 25 on account of explanation.

[0055]

Subsequently, depending on a configuration, same measurement is performed to the 2nd optical path and a pan also to other optical paths. First, the ratio of LI and the output value of 25 is taken and the ratio of the value controlled by LI and the actual quantity of light is decided. Since a polarization condition changes by illumination, whenever illumination (lighting mode) changes, it is necessary to redo the value of this ratio.

[0056]

Subsequently, the quantity of light balance of each optical path is adjusted. This process is unnecessary when there are not drawing 4 and the need of performing quantity of light balance like double pole lighting as shown in 5, as explained above.

[0057]

In quantity of light adjustment, adjustment is performed so that the quantity of light of each optical path may suit this quantity of light on the basis of the optical path which has the minimum value among the quantity of lights detected by the quantity of light detection system 25. About quantity of light adjustment, it is carried out using the quantity of light accommodation means formed in each optical path. The approach using an ND filter as a quantity of light adjustment device, the approach of controlling the path of the flux of light included in CGH, etc. are employable. The approach of controlling the path of the flux of light included in CGH is an approach using the image formed on an integrator not changing, even if the path of incoming beams changes. Actual quantity of light ratio adjustment does not necessarily need so big the range, if even the film of an early beam splitter is made exactly. Therefore, continuous adjustment is attained by using the means as for which a path like a tris diaphragm is made to adjustable. the point of not taking a location in case of a tris diaphragm although space is needed since it prepares and switches several sorts of filters in using an ND filter -- it is advantageous. Moreover, a tris diaphragm can also have shutter ability in coincidence. Drawing 10 shows the configuration of the optical path to which the quantity of light adjustment function was attached. It is the example by which the tris diaphragm 28 which served also as the shutter before pivotable CGH6 same with a polarization unit 5 like pivotable  $\lambda/2$  is arranged.

Although it is necessary to arrange a tris diaphragm before CGH6 since light diffracts and spreads if CGH6 is passed, it is also possible to replace the polarization unit 5 and a location. In addition, it is good also as a configuration which does not arrange a quantity of light accommodation means to each optical paths of all, but is arranged only to some optical paths.

[0058]

With the quantity of light adjustment device which raised the account of a top, when required, the quantity of light ratio of each optical path is adjusted, and if correspondence of the quantity of light detected with a light integrator and light exposure sticks, exposure actuation can be started.

[0059]

This example can be carried out in the aligner of all other examples of this invention.

[0060]

As stated above, in invention of the above-mentioned example, the polarization direction could be controlled by dividing an optical path and preparing CGH and a polarizing element in each independently, it was efficient, and it became possible to constitute a surprising illumination-light study system to correspondence nature. Moreover, since it can expose in the configurations of the polarization condition doubled with the pattern to expose, and the effective light source, contributing to improvement in resolution is size.

Moreover, by the illumination-light study system of the above-mentioned example, since it is the format that the light which carries out incidence to CGH is changed into the pattern on an integrator and changed with a component [ like  $\lambda/2$  ] whose polarization is also, if what kind of illumination it is, effectiveness is eternal. The aligner which can demonstrate high definition ability can be realized without dropping effectiveness for desired effective light source distribution, if the illumination-light study system of the above-mentioned example is used also when performing double pole lighting in consideration of polarization.

[Example 4]

[0061]

Hereafter, the example 4 which applied this invention to the immersion type aligner is explained.

[0062]

Drawing 12 is drawing showing the configuration of the immersion type aligner by this invention, and corresponds to the perpendicular direction where the vertical direction (the direction of z) of space is actual. In addition, it is in the same member as an example 1 with the same number.

[0063]

In this example, the exposure light from a lighting system IS illuminates a reticle 16, and the pattern of a reticle 16 is projected on the wafer 22 with which projection optics 21' contracted and the resist as a photosensitive substrate was applied, and is imprinted. Here, a lighting system IS is the same configuration as an example 1, and contains the laser 1 as the light source in drawing 1, and the member from the beam plastic surgery optical system 2 as an illumination-light study system to a collimator 15.

[0064]

The immersion type aligner of this example is an aligner of so-called step - and - scanning method, the synchronous scan of a reticle 16 and the wafer 22 is carried out, and exposure is performed.

[0065]

The projection optics trailer 77 is a member which consists of a lens as nothing, for example, an optical element, in a part of projection optics PL, and is arranged in the location nearest to a wafer 22.

[0066]

79a is a liquid feeder, supplies a liquid between the projection optics trailer 6 and Wafer W, and makes liquid membrane 7 form through tubing 73a and nozzle 71a.

[0067]

Moreover, 9b is a liquid recovery system and collects liquids through nozzle 71b and tubing 73b.

[0068]

In addition, the conditions of having to make it penetrate etc., without absorbing exposure light as much as possible are required for the liquid used with an immersion type aligner. In the immersion type aligner using ArF and KrF excimer laser as the light source, pure water can be used as a liquid.

[0069]

Formation and polarization control of a request of an effective light source configuration become possible easily, and even if it is the case where image formation light intersects perpendicularly within a resist, it can avoid affecting definition ability not much in this example, since the illumination-light study system which puts CGH and a polarization unit on one [ at least ] optical path for an optical path as an illumination-light study system by dividing into two, and carries out the reintegration of both by the plane of incidence of an integrator is use.

[Example 5]

[0070]

Hereafter, an example 5 is explained.

[0071]

Drawing 13 is drawing showing the outline of the aligner of the example 5 of this invention.

[0072]

In the examples 1-4, one laser was used as the light source. However, in this example, two, laser 1a and laser 1b, are used as the light source.

[0073]

In the example 1, the light which came out of the beam plastic surgery optical system 2 was divided by the beam splitter 3, and it was considering as the two flux of lights. However, in this example, 30 and 40 are bending mirrors and have led the flux of light which carried out outgoing radiation from beam plastic surgery optical-system 2a and 2b to the polarization units 5a and 5b, respectively. In addition, also in drawing 12, it is in the member which bears the same role as an example 1 with the same number.

[0074]

In this case, in case each light from Laser 1a and 1b bends and incidence is carried out to mirrors 30 and 40, it is good to constitute as the polarization direction of each of that light lies at right angles mutually.

[0075]

Although two laser constituted the light source from this example, it may not be limited to it but three or more pieces are sufficient as laser. For example, in an example 2, the light source may consist of four laser.

[0076]

Moreover, the lighting system (member to Laser 1a and 1b - a collimator 15) of this example may be used for the immersion type aligner of an example 4.

[0077]

In examples 1-5, although the aligner of so-called step - and - scanning method was used as an aligner, the aligner of a step-and-repeat method may be used.

[Example 6]

[0078]

Next, the example of the manufacture approach of a device of having used the aligner mentioned above is explained.

[0079]

Drawing 14 shows the manufacture flow of a device (semiconductor chips, such as IC and LSI, a liquid crystal panel, and CCD). The circuit design of a semiconductor device is performed at step 1 (circuit design). At step 2 (mask manufacture), the mask (reticle) in which the designed circuit pattern was formed is manufactured. On the other hand, at step 3 (wafer manufacture), the wafer as a substrate (processed object) is manufactured using ingredients, such as silicon. Step 4 (wafer process) is called a last process, and forms an actual circuit on a wafer with a lithography technique using the mask and wafer which carried out [ above-mentioned ] preparation. The following step 5 (assembly) is called a back process, is a process chip-ized using the wafer twisted and created step 4, and includes processes, such as an assembly process (dicing, bonding) and a packaging process (chip enclosure). At step 6 (inspection), the check test of the semiconductor device created at step 5 of operation, an endurance test, etc. are inspected. A semiconductor device is completed through such a process and this is shipped (step 7).

[0080]

Drawing 15 shows the detailed flow of the above-mentioned wafer process. The front face of a wafer is oxidized at step 11 (oxidation). At step 12, an insulator layer is formed on the surface of a wafer. At step 13 (electrode formation), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer at step 14 (ion implantation). A resist (sensitized material) is applied to a wafer at step 15 (resist processing). A wafer is exposed by the image of the circuit pattern of a mask with the aligner mentioned above at step 16 (exposure). The exposed wafer is developed at step 17 (development). Parts other than the developed resist are shaved off at step 18 (etching). The resist which etching could be managed with step 19 (resist exfoliation), and became unnecessary is removed. A circuit pattern is formed on a wafer by carrying out by repeating these steps.

[0081]

If the manufacture approach of this example is used, it will become possible to manufacture the difficult device of a high degree of integration conventionally.

[0082]

As mentioned above, although the desirable example of this invention was explained, to say nothing of not being limited to these examples, deformation and modification various by within the limits of the summary are possible for this invention.

[Brief Description of the Drawings]

[0083]

[Drawing 1] It is drawing showing the aligner of the example 1 of this invention.

[Drawing 2] It is drawing explaining the principle of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the example which realized 4-fold pole lighting.

[Drawing 4] It is drawing showing the example which realized double pole lighting.

[Drawing 5] It is drawing showing the example which realized double pole lighting which intersects perpendicularly with drawing 4 .

[Drawing 6] It is drawing showing the example which realized lighting whose circumference a core has no polarizing and has polarization of a tangential direction.

[Drawing 7] It is drawing showing the example which realized zona-orbicularis lighting whose part of the

direction of \*\*45 degree has polarization of a tangential direction.

[Drawing 8] It is drawing showing a part of illumination-light study system of the example 2 of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing the example which realized zona-orbicularis lighting with polarization of a tangential direction.

[Drawing 10] It is drawing showing a part of illumination-light study system of the example 3 of this invention.

[Drawing 11] The part of the direction of \*\*45 degree of the circumference of the non-illuminating section of a cross joint is drawing showing no polarizing and the example which the part of the direction of \*\*90 degree made realize lighting with polarization of a tangential direction.

[Drawing 12] It is drawing showing the immersion type aligner of the example 4 of this invention.

[Drawing 13] It is drawing showing the aligner of the example 5 of this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing the manufacture flow of a device.

[Drawing 15] It is drawing showing the wafer process in drawing 14 .

[Description of Notations]

[0084]

1 Laser

2 Beam Plastic Surgery Optical System

3 Beam Splitter

4 Mirror

5 Polarization Unit

6 CGH

7 Collimator

8 Optical-Path Integrated Component

9 Mirror

10 Integrator

11 Capacitor

12 Slit

13 Capacitor

14 Mirror

15 Collimator

16 Reticle

17 Beam Splitter

18 Photodetector

21 Projection Optics

22 Wafer

23 Chuck

24 Stage

25 Quantity of Light Detection System

28 Tris Diaphragm

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

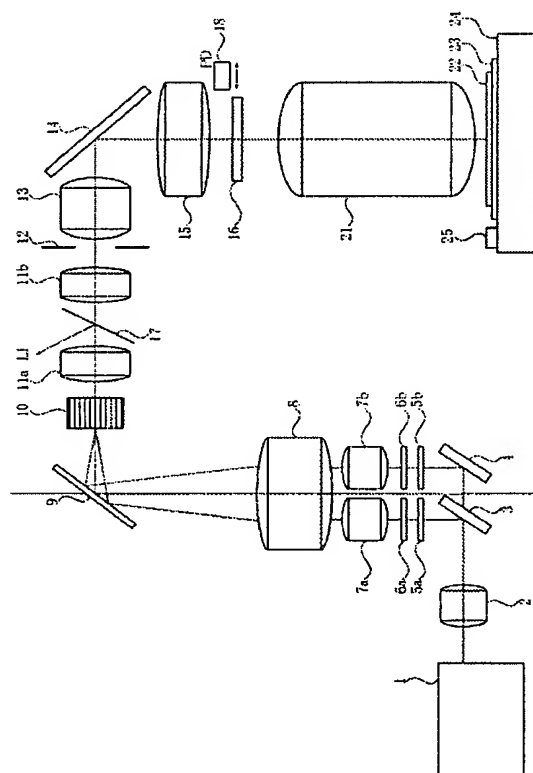
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DRAWINGS

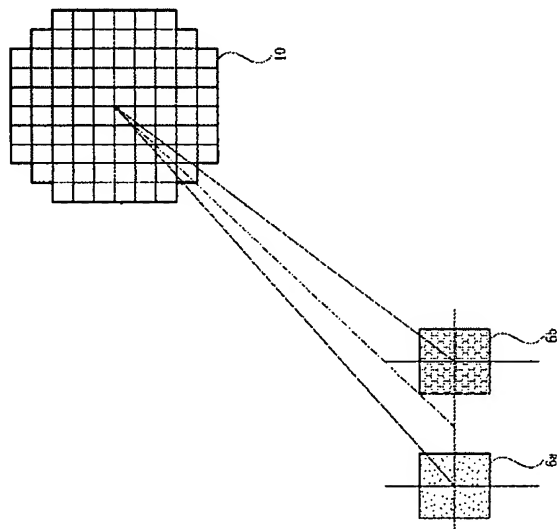
---

[Drawing 1]

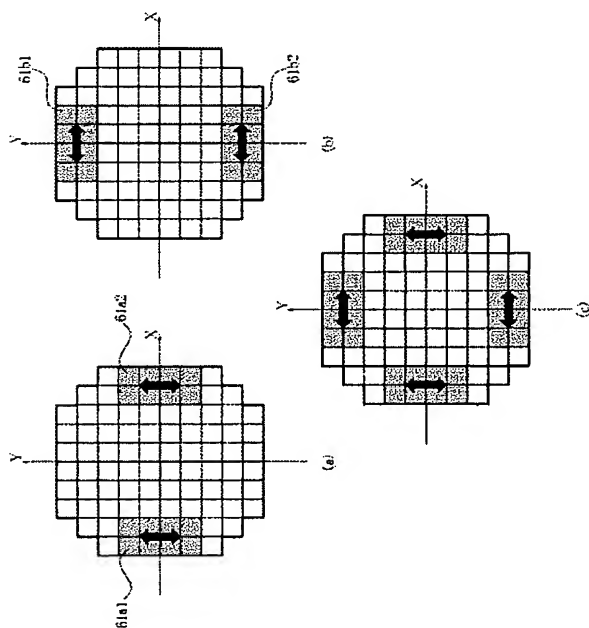


[Drawing 2]

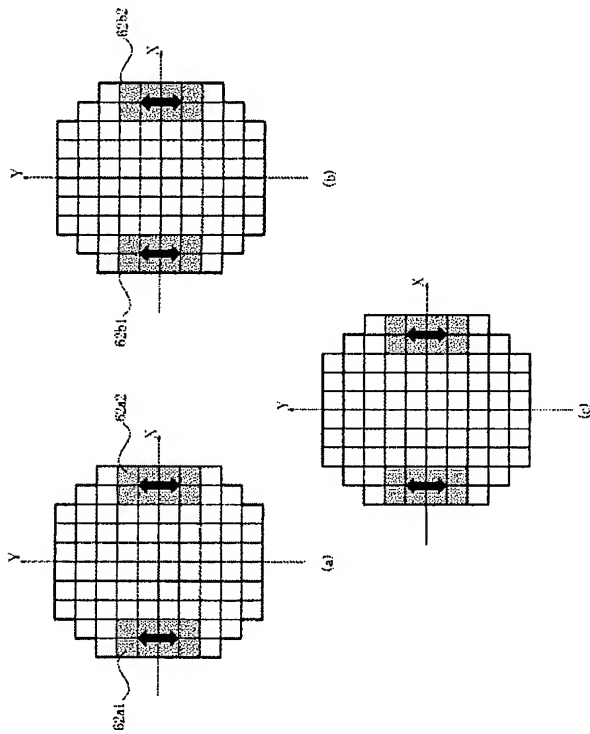




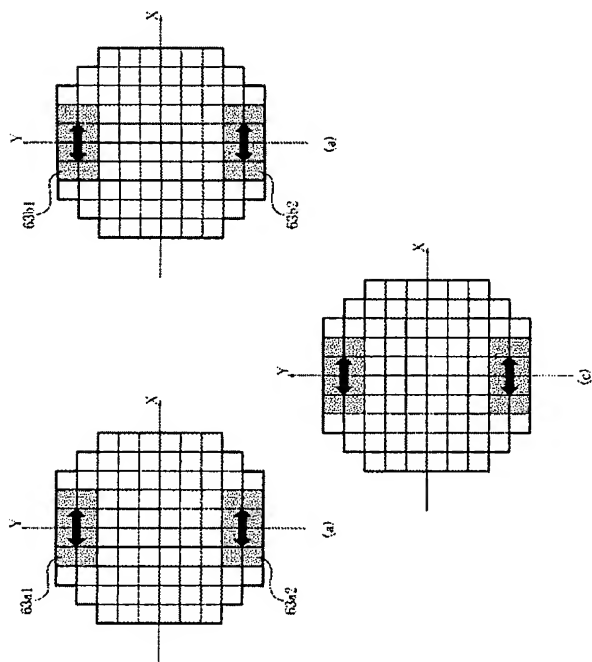
[Drawing 3]



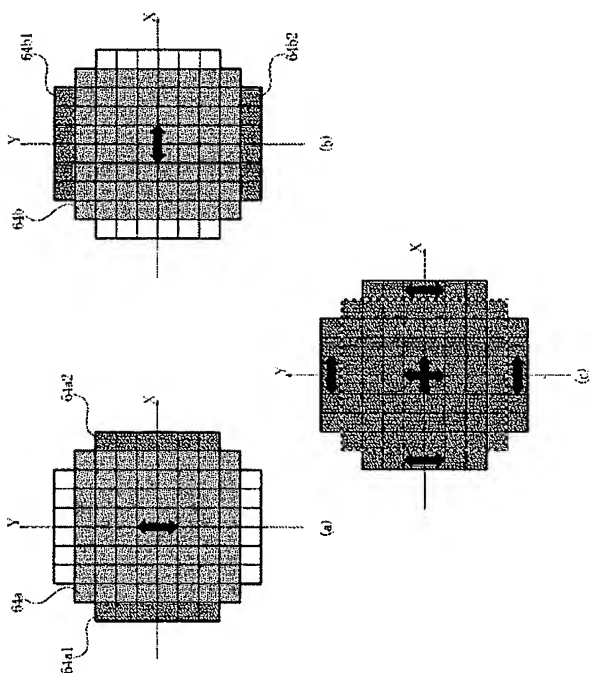
[Drawing 4]



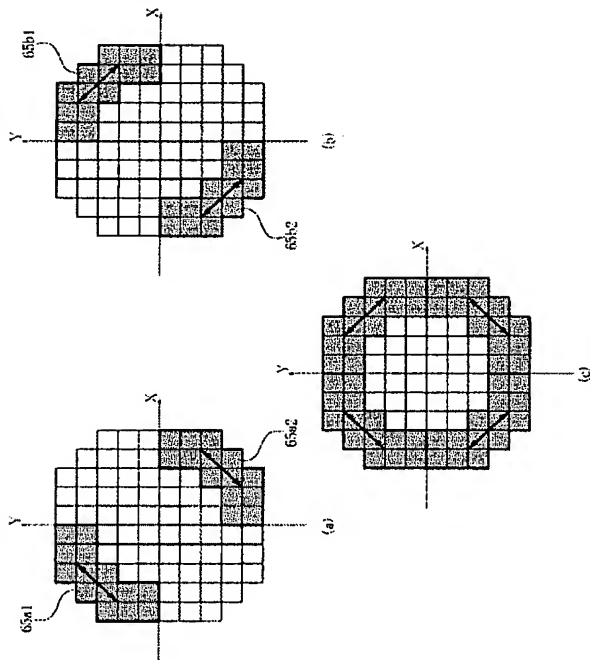
[Drawing 5]



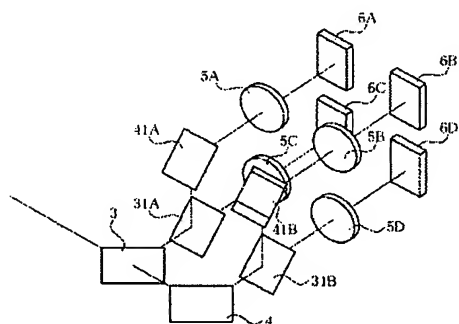
[Drawing 6]



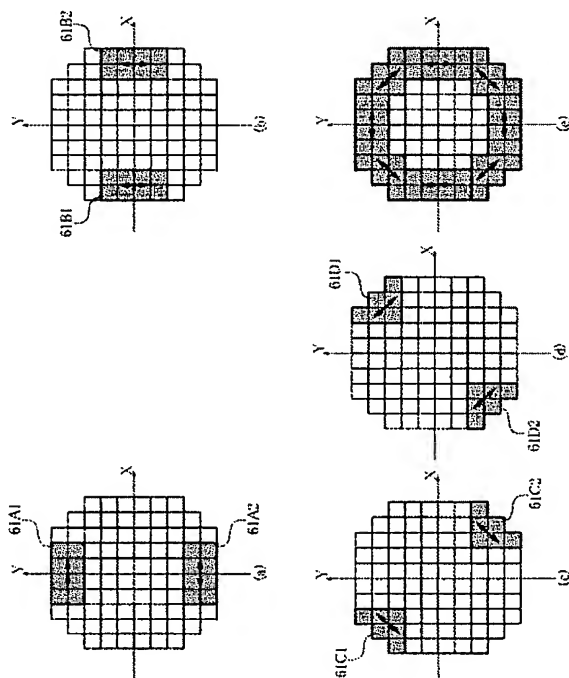
[Drawing 7]

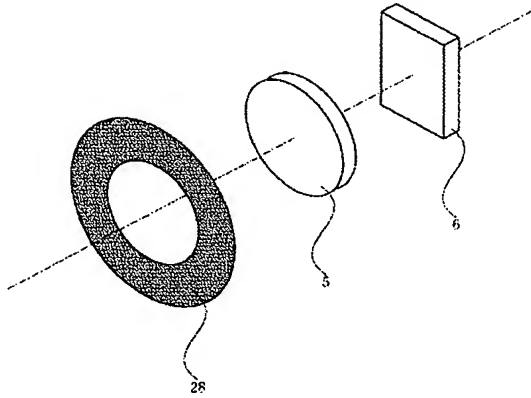


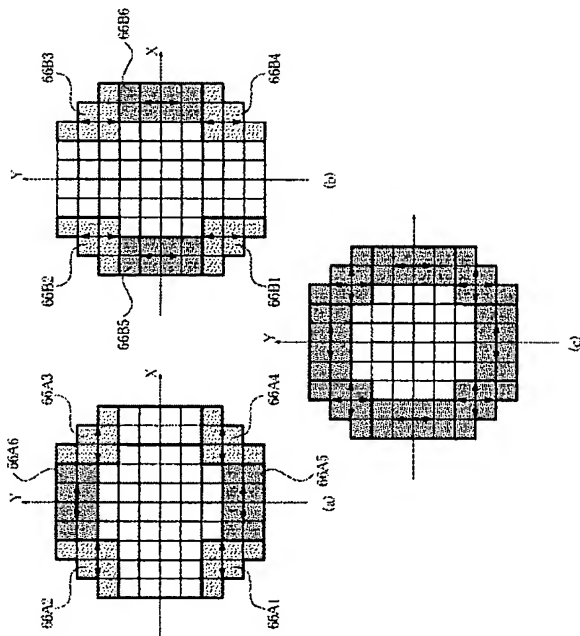
[Drawing 8]



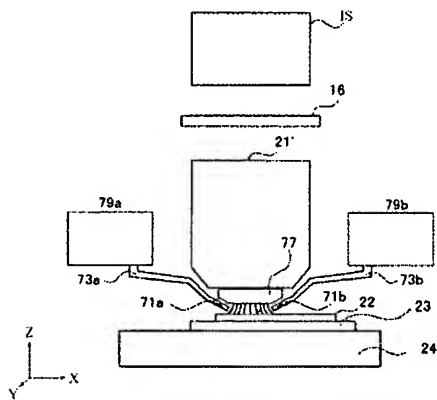
[Drawing 9]



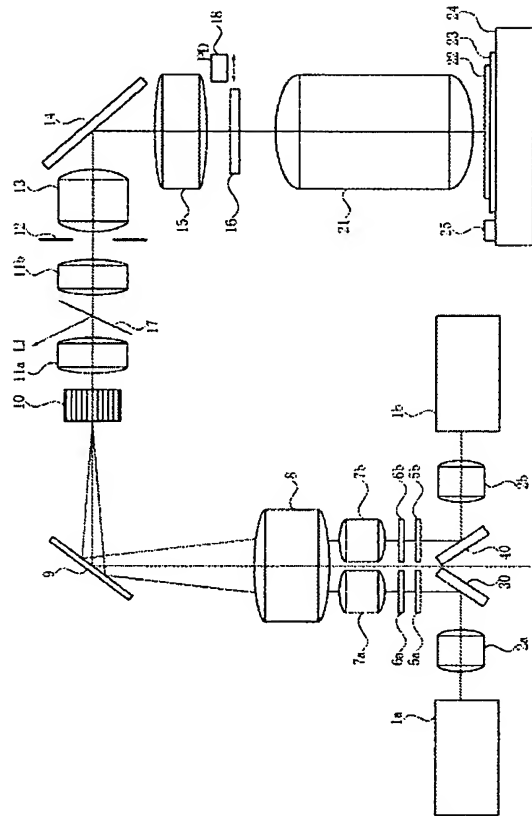
[Drawing 10][Drawing 11]



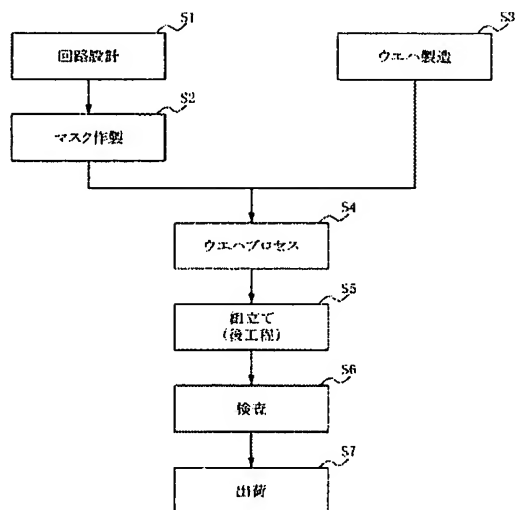
[Drawing 12]



[Drawing 13]

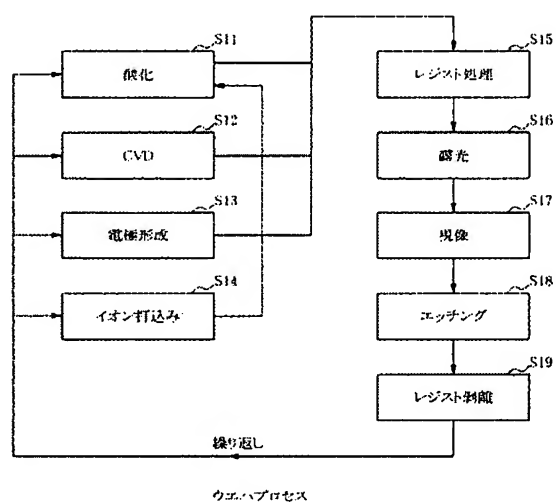


[Drawing 14]





[Drawing 15]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-93522

(P2005-93522A)

(43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/027

G03F 7/20

F I

H01L 21/30 527

G03F 7/20 521

H01L 21/30 515D

テーマコード(参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2003-321419 (P2003-321419)

(22) 出願日

平成15年9月12日(2003.9.12)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100090538

弁理士 西山 恵三

(74) 代理人 100096965

弁理士 内尾 裕一

(72) 発明者 鈴木 章義

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
ノン株式会社内

Fターム(参考) 5F046 BA05 CA08 CB01 CB02 CB12

CB13 CB15 CB23 CB25 DA01

DB01 DC02

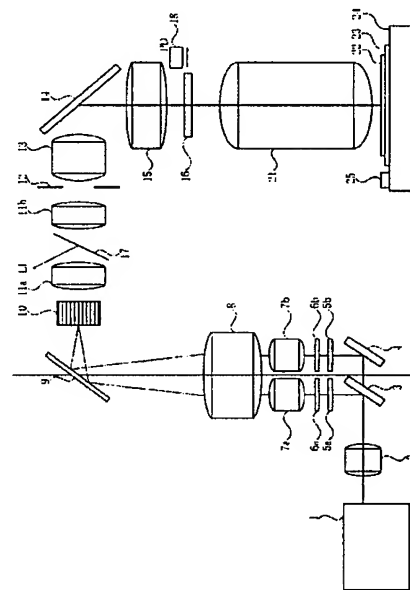
(54) 【発明の名称】 照明光学系及びそれを用いた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 偏光とCGHによる光学系のマッチングを図り、特に液浸式露光装置の投影光学系のような高NA光学系に好適な照明系を提供すること。

【解決手段】 露光装置において、光路を複数個にわけ、各光路にCGHと偏光ユニットを置いて、インテグレートの入射面で両者を再統合する照明光学系を備えた。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、

前記光源からの光束を、第 1 の回折光学素子に入射する光束と第 2 の回折光学素子に入射する光束とに分割する分割光学系と、

前記第 1 の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第 1 の偏光ユニットと、

前記第 2 の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第 2 の偏光ユニットと、

前記第 1 の回折光学素子からの光束と前記第 2 の回折光学素子からの光束とを統合して前記被照射面へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする照明光学系。

## 【請求項 2】

前記第 1 の回折光学素子からの光束の光量を調節する手段及び／又は前記第 2 の回折光学素子からの光束の光量を調節する手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

## 【請求項 3】

前記第 1 及び／又は第 2 の回折光学素子に入射する光束の光路に遮光手段が設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の照明光学系。

## 【請求項 4】

前記第 1 の回折光学素子からの光束の光量と前記第 2 の回折光学素子からの光束の光量とを検出する検出器を有し、

前記第 1 の回折光学素子からの光束の光量と前記第 2 の回折光学素子からの光束の光量との比を前記手段により調整することを特徴とする請求項 2 記載の照明光学系。

## 【請求項 5】

前記光源からの光束で複数の 2 次光源を形成するインテグレータを有し、

前記統合光学系は、該インテグレータの入射面で前記第 1、第 2 の回折光学素子からの光束を統合することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

## 【請求項 6】

前記統合光学系はズーム光学系を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

## 【請求項 7】

前記第 1 又は第 2 の偏光ユニットは、回転可能な  $\lambda/2$  板を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

## 【請求項 8】

前記第 1 又は前記第 2 の回折光学素子は、回転可能であることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

## 【請求項 9】

光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、

前記光源からの光束が入射する第 1、第 2 の回折光学素子を有し、

前記被照射面と実質的にフーリエ変換の関係となる所定面における照度分布のうち第 1 の部分を前記第 1 の回折光学素子からの光束が形成し、該照度分布のうち第 2 の部分を前記第 2 の回折光学素子からの光束が形成することを特徴とする照明光学系。

## 【請求項 10】

前記光源からの光束が入射する第 3、第 4 の回折光学素子を有し、

前記照度分布のうち第 3 の部分を前記第 3 の回折光学素子からの光束が形成し、前記照度分布のうち第 4 の部分を前記第 4 の回折光学素子からの光束が形成することを特徴とする請求項 9 記載の照明光学系。

## 【請求項 11】

前記第 1 の部分を照明する光束の偏光状態と、前記第 2 の部分を照明する光束の偏光状態とは互いに直交する直線偏光であることを特徴とする請求項 13 記載の照明光学系。

## 【請求項 12】

複数の光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、

前記複数の光源のうち第 1 の光源からの光束が入射する第 1 の回折光学素子と、

10

20

30

40

50

前記複数の光源のうち第2の光源からの光束が入射する第2の回折光学素子と、  
前記第1の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第1の偏光ユニットと、  
前記第2の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第2の偏光ユニットと、  
前記第1の回折光学素子からの光束と前記第2の回折光学素子からの光束とを統合して  
前記被照射面へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする照明光学系。

【請求項13】

光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、  
回折光学素子と偏光ユニットを有する第1、第2の光学系と、  
前記第1の光学系からの光束と前記第2の光学系からの光束とを統合して前記被照射面  
へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする照明光学系。

10

【請求項14】

レチクルを照明する請求項1～13のいずれか一項記載の照明光学系と、該レチクルの  
パターンを基板に投影する投影光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項15】

前記第1の回折光学素子からの光束の光量と前記第2の回折光学素子からの光束の光量  
とを検出する検出器を有し、  
前記第1の回折光学素子からの光束の光量と前記第2の回折光学素子からの光束の光量  
との比を調整することを特徴とする請求項14記載の露光装置。

【請求項16】

前記照明光学系は、前記レチクル面に相当する位置における光量をモニタするモニタ部  
を有し、

20

前記バランスの調整に応じて、該モニタのキャリブレーションを行うことを特徴とする  
請求項15記載の露光装置。

【請求項17】

前記検出器は、前記レチクル面又は前記基板面に相当する位置における光量を検出する  
ことを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【請求項18】

請求項14～17のいずれか一項記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、該基  
板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は照明光学系及びそれを用いた露光装置に関するものであり、特に、偏光を考慮  
した照明光学系及び、それを用いた半導体用の単結晶基板、液晶ディスプレイ用のガラス  
基板などの被処理体を露光する露光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの微細化に伴い、半導体露光装置で使用される露光波長はますます短波  
長化され、KrF(248nm)からArF(193nm)、さらにはF2レーザの15  
7nmまでうかがう状況になってきている。また、同時に投影光学系のNAも大型化され  
て通常雰囲気中で0.90、液浸露光装置の投影光学系の場合には1.2を超える大きな  
値も実現されようとしている。

40

【0003】

微細化は半導体産業のダイナミックスを支えるもっとも大きなファクタで、256M  
DRAMで0.25 $\mu$ m解像を要求した時代から、さらに180nm、130nm、10  
0nmへと世代が急速に変わりつつある。i線(365nm)までのリソグラフィでは波  
長以下の解像は使われてこなかったが、KrFは248nmの波長でありながら180n  
mさらには130nmの線幅に適用されることになった。レジストの進歩、超解像技術等  
の成果を駆使して、波長以下の解像を実用化する時代が本格化してきたと言えよう。種々  
の超解像技術を駆使すれば、ラインアンドスペースで波長の1/3の線幅が実用の視野に

50

入ってきている。

【0004】

しかしながら超解像技術にはパターン上の制約が伴うことも多く、解像力向上の王道は何といっても波長を短くし、投影光学系のNAを向上させることである。また近年、結像の細かな解析が進むにつれて、従来では問題としなかったようなパラメータを考慮しなければならないようになってきた。これらにはフレアであるとか、光が電磁波であることに伴う偏光の問題などが挙げられる。

【特許文献1】特開平8-008177号公報

【特許文献2】特開平4-366841号公報

【特許文献3】特開平5-088356号公報

【特許文献4】特開平5-090128号公報

【特許文献5】特開平6-124872号公報

【特許文献6】特開平6-181167号公報

【特許文献7】特開平6-188169号公報

【特許文献8】特開2001-284212号公報

【特許文献9】特開平11-176721号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

これらの問題のうちで、偏光の問題は投影光学系のNAが大きくなるにつれて次第に大きな影響をもつようになってきている。偏光の問題とは2つのビームが交わった時に、該2つのビームの偏光が直交していると干渉しなくなるという問題である。仮に2つのビームが光軸に対して対称に配置されている場合、光軸と一方のビームの角度は $45^\circ$ となるため、NA0.71付近になるとこの直交条件を満足するビームのペアが発生してくることになる。従って、現状の0.80を越えるような投影光学系では結像ビーム同士が干渉しなくなってしまうような条件が既に存在していることになる。

【0006】

液浸式露光装置の場合には直交条件の存在はよりクリティカルである。というのは通常の空気、又は窒素、ヘリウム等の雰囲気（以下ドライと呼ぶ）中で直交条件となっていて、屈折率 $n_{PR}$ を持つレジストに $\theta_0$ で入射した光線がレジスト中で持つ角度 $\theta_{PR}$ は

$$\sin \theta_0 = n_{PR} \sin \theta_{PR} \quad (1)$$

となり、角度が $\theta_0$ より小さくなって直交条件を満たさなくなるからである。実際193nmの波長でのレジストの屈折率は1.7前後なので、 $\theta_{PR}$ が $45^\circ$ になると、(1)式の右辺が $1.7 \times \sin 45^\circ = 1.20$ となり、1を越えてしまうので、 $\theta_{PR}$ が $45^\circ$ となって直交条件を満たすことはドライの場合には起こりえない。

【0007】

しかしながら、液浸露光の場合にはレジストと投影光学系の間が液体で満たされているので、光線があまり屈折せず $\theta_{PR}$ が $45^\circ$ になる場合が存在してしまうのである。

【0008】

これに対処するため、照明光学系の偏光状態を制御して投影光学系によって結像される像のコントラストを落とさないようにすることも提案されている（例えば、特許文献1～7参照。）。

【0009】

一方、高解像力に伴いレチクルを照明する角度分布を様々に制御して、焼き付けるパターンに対して最適化された照明光学系を構成しようという動きが顕著になっている。従来の単純な輪帯照明だけではなく、4重極、2重極、6重極など様々な光源形状が提案され、露光尤度や焦点深度を大きくするのに寄与している。様々な光源形状の要求に応えるフレキシビリティは照明光学系に回折光学素子として、例えばCGH（Computer Generated Hologram）を挿入することで実現され、光リソグラフィの進歩に重大な貢献をしている（例えば、特許文献8、9参照。）。

10

20

30

40

50

## 【0010】

しかしながら、液浸式露光装置で特に顕著になってきた偏光に対する要求と、フレキシビリティを持った照明光学系というのは従来存在していなかった新たな課題である。

## 【0011】

そこで、本発明の例示的な目的は、偏光と回折光学素子による光学系のマッチングを図り、特に液浸式露光装置の投影光学系のような高NA光学系に好適な照明光学系を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0012】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての照明光学系は、光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、前記光源からの光束を、第1の回折光学素子に入射する光束と第2の回折光学素子に入射する光束とに分割する分割光学系と、前記第1の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第1の偏光ユニットと、前記第2の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第2の偏光ユニットと、前記第1の回折光学素子からの光束と前記第2の回折光学素子からの光束とを統合して前記被照射面へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする。

10

## 【0013】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付の図面を参照して説明される好ましい実施例等によって明らかにされるであろう。

## 【発明の効果】

20

## 【0014】

従来よりも、性能の良い照明光学系を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0015】

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

## 【実施例1】

## 【0016】

図1は本発明による露光装置における照明光学系の実施例1の構成を示すものである。

## 【0017】

光源としてのレーザ1から射出する光は露光装置に用いるエキシマレーザの場合、通常直線偏光である。照明光学系全体としての偏光状態を制御するため、本実施例ではレーザが本来持っている偏光特性を利用する。

30

## 【0018】

レーザを射出した光は次いでビームエクspanda等を有するビーム整形光学系2で続く光学系に整合するようにビーム形状を整えた後、分割光学系としてのビームスプリッタ3に入り、2つに分割される。実際にはレーザは配置場所の関係で露光装置から離れた場所に置かれて、ビームスプリッタに至るまでに引き回し光学系を介して長い距離を導光される場合もある。レーザからビームスプリッタに至るまでの引き回しの関係で、レーザ光がビームスプリッタ3にs偏光で入ったとすると、ビームスプリッタの膜はs偏光の光を1:1の強度比で分割するように設定すればよい。

40

## 【0019】

もしレーザが無偏光のものであればビームスプリッタ3として偏光ビームスプリッタを用いれば良い。この場合も分割された2つの光は互いに直交する直線偏光となっており、強度も殆ど等しくなっている。要は分割した後の光路の強度がほぼ等しく、直線偏光状態になっているような分割作用が行われる。

## 【0020】

ビームスプリッタ3を透過した光はミラー4で反射される。分割された光は別々の光路でそれぞれ偏光ユニット5a、5bとCGH6a、6bに入射する。これらの作用については後述するが、要は各々の光路に偏光状態を調整する偏光ユニットと有効光源形状を形成するCGHとが独立に配置されている（偏光ユニット5aとCGH6aを有する第1の

50

光学系と、偏光ユニット 5 b と C G H 6 b を有する第 2 の光学系とが夫々別の光路に配置されている) ことが本発明で重要な点である。

【 0 0 2 1 】

次いで光はコリメータ 7 a、7 b を通過してビーム統合光学系 8 に入射し、インテグレータ 1 0 にいたる。インテグレータ 1 0 は本実施例の場合ハエの目レンズとなっており、その射出面に複数の 2 次光源を形成している。

【 0 0 2 2 】

インテグレータ 1 0 以降の照明光学系の構成は 1 1 a、1 1 b のコンデンサ、1 2 のスリット、1 3 のコンデンサから 1 4 のミラー、1 5 のコリメータを介して 1 6 のレチクルを照明する。また露光量制御を行うため、照明光学系の与える光量を検出するために光を取り出すビームスプリッタ 1 7 が本実施例ではコンデンサ 1 1 a と 1 1 b の間に配置されている。レチクル面上での光量はレチクル面上で移動可能に配置されたフォトディテクタ 1 8 で検出することができる。

10

【 0 0 2 3 】

レチクル 1 1 を透過した光は投影光学系 2 1 を介してウエハ 2 2 に投影結像される。ウエハはウエハチャック 2 3 上に載置されており、さらに 2 3 はウエハステージ 2 4 上に搭載されている。ウエハステージ上には光量を検出する検出器を有する検出系 2 5 が搭載され、照明光学系、投影光学系全体を通過した光量を検出することができる。

【 0 0 2 4 】

ここでは光検出器の位置をレチクル面、あるいはウエハ面に相当する位置において例を示したが、検出器は瞳位置に相当とする位置においても同様の機能を達成することができる。

20

【 0 0 2 5 】

露光装置に要求される有効光源のフレキシビリティと偏光状態の制御を行う原理を示したのが図 2 である。ここではキーコンポーネントである C G H 6 a、6 b とインテグレータ 1 0 との関係を示した。即ち本発明では C G H 6 a と 6 b によりインテグレータ 1 0 の上に必要とされる有効光源分布を形成するのであるが、6 a と 6 b の光路を別にしたことで、各光路について偏光を独立に制御できることを特徴としている。このため、光を有効に使うことができ、効率のよい照明光学系を構成することができる。なお、本実施例においては、インテグレータとしてハエの目レンズを使用しているため、その入射面に有効光源分布を形成することにより射出面で同様の有効光源分布を得ているが、要するに、レチクルに対し実質的にフーリエ変換面（瞳共役面）となっているところに回折光学素子としての C G H 6 a と 6 b で結果的に有効光源分布を形成すればよい。従って、インテグレータとして、内面反射鏡としての光パイプを用いた場合にも、同様の効果を得ることができる。

30

【 0 0 2 6 】

図 3 は例えば X Y 軸上に有効光源のある 4 重極照明を行う時の原理を示す図である。図のように、Y 軸上の有効光源は横方向の偏光を持ち、X 軸上の有効光源は縦方向の偏光方向を持つことが好ましい。そこで C G H 6 a は 1 0 の X 軸上に図 3 の左上 6 1 a 1、6 1 a 2 のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は縦方向となっている。一方、C G H 6 b は 1 0 の Y 軸上に図 3 の右上 6 1 b 1、6 1 b 2 のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は横方向となっている。C G H 6 a、6 b は同じ物を用いることができ、配置する時 9 0 度回転して配置すればよい。偏光方向の制御は偏光制御素子 5 a、5 b によって行われる。偏光制御素子 5 a、5 b としては回転  $\lambda/2$  板等を用いることができる。5 a、5 b が夫々独立しているので、C G H 6 a、6 b を通過した光の偏光状態を独立に制御してインテグレータ 1 0 に光を導くことができる。結果的に得られるのは図 3 の下にあるような有効光源で、偏光方向が中心を結ぶ線と直交する切線方向になった照明が実現される。

40

【 0 0 2 7 】

このとき、同じ C G H を通過した有効光源、即ち 6 1 a 1 と 6 1 a 2、6 1 b 1 と 6 1

50

b 2 は C G H により同じ光量にできるが、6 1 a 系統の光と 6 1 b 系統の光の光量も揃える必要がある。このため、各光路に光量調整用の N D フィルタを入れると露光線幅制御を正確に行うことが可能となる。また、実際に必要となる調整量は微小なので、径の大きさが可変となる絞りを C G H に入る前の光路に入れて相互の調整を行うこともできる。光量調整機能の詳細については後述する。

#### 【 0 0 2 8 】

C G H の効果は 2 重極照明を行う時に効果が大きい。図 4 は X 軸上に 2 重極照明を実現する時の様子を示したものである。図 3 と同じように C G H 6 a は 1 0 の X 軸上に図 4 の左上 6 2 a 1、6 2 a 2 のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は縦方向となっている。一方、C G H 6 b も 1 0 の X 軸上に図 4 の右上 6 2 b 1、6 2 b 2 のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は縦方向となっている。C G H 6 a、6 b は同じ物を同じ配置で用いることができる。偏光制御素子 5 a、5 b の作用により C G H 6 a、6 b を通過した光は同じ偏光状態を持つ。偏光制御素子 5 a、5 b は偏光方向を回転させるだけで、光量の減少を伴わないので、2 重極照明でも図 3 の 4 重極照明と同一の効率で照明を行うことができる。

#### 【 0 0 2 9 】

図 5 は図 4 の場合と 9 0 ° 異なった配置の 2 重極照明をする場合の図である。C G H 6 a は 1 0 の Y 軸上に図 5 の左上 6 3 a 1、6 3 a 2 のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は横方向となっている。一方、C G H 6 b も 1 0 の Y 軸上に図 5 の右上 6 3 b 1、6 3 b 2 のような分布を作る。このときの偏光方向も横方向となっている。C G H 6 a、6 b は図 4 と同じ物を、ただし 9 0 ° 回転した配置で用いることができる。この場合も偏光制御素子 5 a、5 b の作用により C G H 6 a、6 b を通過した光は同じ偏光状態を持ち、図 3 の 4 重極照明と同一の効率で照明を行うことができる。

#### 【 0 0 3 0 】

C G H はより複雑な有効光源分布も簡単に作ることができる。図 6 はその一例で、中央部は偏光特性が無く、外周部だけに切線方向の偏光特性を持たした有効光源の実現例である。図中、C G H 6 a によって形成される有効光源 6 4 a の部分の各点強度は 6 4 a 1、6 4 a 2 の部分の強度の 1 / 2 で、偏光方向は縦方向に調整されている。また C G H 6 b によって形成される有効光源 6 4 b の部分の各点強度は 6 4 b 1、6 4 b 2 の部分の強度の 1 / 2 で、偏光方向は横方向に制御されている。両者を合成すると、強度分布としては一様で、中心部分は偏光特性が無く、一番外側の部分だけが切線方向に偏光している有効光源を実現することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

偏光方向の制御も例えば偏光ユニット 5 を回転可能な  $\lambda / 2$  板とすれば、該  $\lambda / 2$  板の設定角を制御することにより縦横方向だけでなく任意の方向に設定することが可能である。図 7 は  $\pm 45^\circ$  方向の偏光方向を組み合わせることで切線方向の偏光状態を持つ輪帯照明を実現した例である。片一方の C G H で  $+45^\circ$  方向の有効光源 6 5 a 1、6 5 a 2 を図のように形成し、一方もう一方の C G H で  $-45^\circ$  方向の有効光源 6 5 b 1、6 5 b 2 を図のように形成させて、インテグレータ 1 0 の上で重ねあわせれば、 $\pm 45^\circ$  度の偏光方向で形成される輪帯照明を実現することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

更には、図 1 1 のような、中心に十字型の非照明部を有し、その周辺の  $\pm 45^\circ$  方向の部分が無偏光、 $\pm 90^\circ$  方向の部分が切線方向の偏光である有効光源分布を実現することも可能である。

#### 【 0 0 3 3 】

この他にもっと複雑な有効光源分布と偏光方向の組み合わせも容易に実現することが可能である。

#### 【 0 0 3 4 】

異なる有効光源を形成させる時には光源の形状に合わせて C G H を交換する必要がある。例えば輪帯照明でも 2 / 3 輪帯の時と、3 / 4 輪帯の時では C G H を交換する必要がある

10

20

30

40

50



じる。輪帯照明にはもう一つ重要なパラメータ、即ち有効光源の外径を決定する必要がある。これはインテグレータ10の上に形成される輪帯の大きさ(径)を制御することに相当し、この役割をするのがビーム統合光学系8である。輪帯の限らず有効光源のインテグレータ上での大きさを変える目的で、8はズーム機能を持っている。

#### 【0035】

照明光学系の機能としては通常の円形をした照明形状も勿論求められる。このときは、いわゆる $\sigma$ (=照明光学系のレチクル側開口数/投影光学系のレチクル側開口数)を調整することが求められる。従って、照明光学系の瞳面(レチクル面とフーリエ変換の関係にある面、インテグレータ10の射出面に相当)での照度分布の形状を変えなければならない。インテグレータ入射面の光束径を可変にすることが求められる。8のズーム機能はこの可変の要求に対応したものである。円形の有効光源形状を求められるときはインテグレータ上に円形のパターンが形成されるようなCGH6を使用する。あるいは、円形であることを利用して通常のレンズを用いた光学系をターレット式にして光学系に挿入しても良い。特定の偏光方向を持たないような照明を要求される場合には、互いに直交する直線偏光を同じ光量だけ入れればよいし、特定の方向にのみ位相シフトがかかったパターンがあるときには、故意に特定の偏光方向を持つように系を構成することも可能である。

#### 【0036】

以上述べてきたように、本実施例では回折光学素子としてのCGHの交換とズーム機能によって照明光学系のフレキシビリティは大幅に向上し、さらに偏光方向の制御も達成されていることになる。

#### 【0037】

CGHを沢山の種類用意することは交換も時間がかかるし、コストも必要となる。しかしながら各CGHに回転機能を付加すると、用意するCGHの数を大幅に減らすことが可能となる。例えば図4と図5に示した2重極照明を例にとって見る。図4と図5で2重極自体の形状は単純に形状が90°回転しただけであるとする。先ず図4の場合について図1の系の番号を参照しながら説明すると、CGH6aと6bはインテグレータ10の上に同じ形状の有効光源を形成させるので、全く同一でよい。即ち同一のCGHを用いることができる。

#### 【0038】

一方、図5の2重極は図4の2重極の形状を90°回転したものである。この場合、図4の系で用いたCGHを90°回転すればよいことになる。従って、CGH自体に回転機能がついていれば、図4の有効光源から図5の有効光源に変えるときにCGHの交換をする必要がなくなる。さらに、図3の系の4重極を構成する個々の2重極の構成が図4、5と同じ、即ち例えば図3の61a1、a2と図4の62a1、a2、また図3の61b1、b2と図5の63b1、b2が同じであれば、図3～5の有効光源形状を作るのに必要なCGHは1種類、2枚で済むことになる。

#### 【0039】

しかし、さらに他の種類の有効光源形状を形成するには、複数種類のCGHが必要となる場合もあり、その場合には夫々のCGHを光路から挿脱可能な構成とする。このとき、複数種類のCGHをターレットに載せて光路中に切替える構成としても良い。

#### 【0040】

なお、上記実施例においては、複数の光路中の夫々に偏光ユニットを配置することにより偏光状態を変更可能としていたが、特に偏光状態を変更する必要が無い場合には、それらの一部又は全部を省略しても良い。

#### 【実施例2】

#### 【0041】

以下、本発明の実施例2について説明する。

#### 【0042】

図8は実施例2の照明光学系の一部を表す図であり、偏光の制御を実施例1よりも細かく行うために光源からの光がビーム整形光学系2を射出した後、光路を4分割し、例えば

10

20

30

40

50

縦横方向だけでなく、さらに $\pm 45^\circ$ 方向も制御できるようにした構成の光路分割部を示したものである。光路は先ずビームスプリッタ3で2分割された後、さらにビームスプリッタ31A、31Bによって各々が2分割されて4つのビームが形成される。各々のビームに偏光ユニット5A～5D、CGH6A～6D、及び不図示のコリメータ4つが夫々配置されている。光路統合素子8以下の構成に関しては、図1で示した実施例1の構成と同様の構成であるためここでは説明を省略する。

【0043】

図7は図8の系で切線方向の偏光方向を持つ輪帯照明を形成させた例である。4つの光路があるので4つの偏光方向を制御することができるため、本実施例では $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ の4つの方向の直線偏光を組み合わせることで輪帯照明を形成させている。即ち、第1の光路で偏光方向 $0^\circ$ で61A1、A2の有効光源、第2の光路で偏光方向 $90^\circ$ で61B1、B2の有効光源、第3の光路で偏光方向 $+45^\circ$ で61C1、C2の有効光源、第4の光路で偏光方向 $-45^\circ$ で61D1、D2の有効光源を形成して全体の輪帯を形成する。CGHでは任意の有効光源を作ることができることが利用されている。有効光源の外周部は切線方向の直線偏光となっている。

【0044】

本実施例の場合には蠅の目の形状に合わせたためCGHは2種類を2枚ずつ用いる構成となっているが、完全にドーナツを切ったような形状の有効光源を各CGHにより形成させる場合には、同じCGHを $45^\circ$ ずつ4枚互いに回転した配置で各光路に置くことも可能である。

【0045】

勿論、4方向の偏光方向が必要でない場合には偏光ユニット5の調整により、全てのCGHからの光を同一の偏光方向にそろえることもできるし、2方向、あるいは3方向にすることも可能である。どのような偏光状態にするかは、露光対象となるパターンの特性によって異なるが、本実施例では最適条件に容易に設定することが可能である。

【実施例3】

【0046】

以下、本発明の実施例3について説明する。

【0047】

本実施例では、実施例1や2の露光装置において光量検出や光量調節を行う方法について示す。

【0048】

偏光状態を自在に扱う照明光学系で問題となるのは光量の検出法である。図1の系ではインテグレータ10の後の光学系にビームスプリッタ17を配し、そこで反射した光の光量をモニタ部としてのライトインテグレータユニットL1でモニタして露光量の制御を行っている。しかしながら、ビームスプリッタ17は照明光学系の光軸に対して斜めに配置されているため、当然、偏光によって反射率が異なる。本発明の照明光学系では偏光方向が図3～5にあるように縦横方向だけでなく、図6のように $\pm 45^\circ$ 、あるいはそれ以外の角度も存在する複雑なものなので、照明光学系がレチクルに与えるエネルギーを、偏光特性を持つ光量検出系で正確にモニタするのは困難である。

【0049】

また、場合によっては光路同士の光量のバランスを取る必要が生じる場合もある。例えば図3の系のX軸上にある有効光源と、Y軸上にある有効光源強度に差があると、露光した際に形成される縦線と横線の線幅が異なってしまうことが起こりうる。この光量差はビームスプリッタ3の性能や、CGH自体の個体差から生じるもので、3で別れた後の光路同士の差と考えてよい。

【0050】

一方、図4や図5のような2重極系では別れた光路同士が作る有効光源の像と偏光方向が両者とも同じなので、図3の場合と異なり別れている光路同士の光量のマッチングは取る必要が無い。

10

20

30

40

50

## 【0051】

従って、露光を行う前に図3のような有効光源を用いる場合には分かれた光路同士の光量の調整を行う必要がある。このため、本発明では別れた光路同士の光量をレチクル面相当の位置に配置できる移動可能なディテクタ18で検出して調整するとともに、ライトインテグレータL1の値をキャリブレーションすることを特徴としている。

## 【0052】

また、レチクル面相当に置かれたディテクタ18の代わりにウエハ面相当の位置で光量を検出できる、ウエハステージ上に配置された光電検出系25で同様の機能、即ち別れた光路同士の光量検出と必要であれば調整、及びライトインテグレータL1のキャリブレーション機能を持たせることができる。18で行っても、25で行っても結果は似ているが、投影光学系21が偏光特性を持っている場合にはウエハ側で検出する25を用いる方がより精度が高い露光量制御を行うことができる。投影光学系21が偏光特性を持っている例としてカタジオプトリック光学系をあげることができる。

10

## 【0053】

次に、各光路の光量調整とライトインテグレータの制御条件を定める手順を説明する。まず、照明光学系の偏光状態制御手段5及び、CGH6及び光路統合素子8のズームは露光を行う条件にセットされる。

## 【0054】

ビームスプリッタ3で分割された各々の光路には該光路の光を独立に遮断できるシャッタと光量調整機能が装備されている。一つ一つの光路の光量を検出する場合には先ず第1の光路のみ光が通過するようにし、残りは遮光しておく。この状態で18または25で検出された光量、及びこのときのL1の値を不図示のメモリに記憶しておく。ここでは説明の都合上、光量検出系25で光量を検出することとしておく。

20

## 【0055】

次いで第2の光路、さらに構成によっては他の光路に対しても同様の計測を行う。先ず、L1と25の出力値の比を取って、L1で制御する値と実際の光量の比を確定する。偏光状態が照明法によって変わるので、この比の値は照明法（照明モード）が変わるごとにやり直す必要がある。

## 【0056】

次いで、各光路の光量バランスを調整する。前にも説明したように、図4、5に示したような2重極照明のように光量バランスを行う必要が無い場合はこの工程は不要である。

30

## 【0057】

光量調整では光量検出系25で検出された光量のうち、最小値を持つ光路を基準とし、この光量に各光路の光量が合うように調整が行われる。光量調整については各光路に設けられた光量調節手段を用いて行われる。光量調整手段としてはNDフィルタを用いる方法や、CGHに入る光束の径を制御する方法などを採用することができる。CGHに入る光束の径を制御する方法は、入射光束の径が変わってもインテグレータ上に形成される像が変わらないことを利用した方法である。実際の光量比調整は、初期のビームスプリッタの膜さえきちんとできておれば、それほど大きな範囲を必要とするわけではない。従って、虹彩絞りのような径を可変にできる手段を用いることによって連続的な調整が可能になる。NDフィルタを用いる場合には数種のフィルタを用意して切り換えるので空間が必要となるが、虹彩絞りだと場所を取らない点、有利である。また、虹彩絞りはシャッタ機能を同時に兼ね備えることも可能である。図10は光量調整機能の付いた光路の構成を示したものである。回転可能な $\lambda/2$ のような偏光ユニット5と同じく回転可能なCGH6の前に、シャッタもかねた虹彩絞り28が配置されている例である。CGH6を通過してしまうと、光が回折して広がってしまうので虹彩絞りはCGH6の前に配置する必要があるが、偏光ユニット5と位置を入れ替えることも可能である。なお、光量調節手段を各光路全てには配置せず、一部の光路にのみ配置する構成としても良い。

40

## 【0058】

上記あげた光量調整手段により、必要な場合は各光路の光量比を調整し、ライトインテ

50

グレータで検出される光量と、露光量の対応がつけば、露光動作に入ることができる。

【0059】

本実施例は、本発明の他の全ての実施例の露光装置において実施可能である。

【0060】

以上述べたように、上記実施例の発明では光路を分割してそれぞれにCGHと偏光素子を独立に設けることで、偏光方向を制御できて、効率がよく、対応性にとんだ照明光学系を構成することが可能となった。また、露光するパターンに合わせた偏光状態と有効光源の形状で露光できるため、解像力の向上に寄与することが大である。また、上記実施例の照明光学系ではCGHに入射する光がインテグレート上のパターンに変換される形式となっており、偏光も $\lambda/2$ のような素子で変換されるのでどのような照明法であろうと効率は不変である。偏光を考慮した2重極照明を行う時にも、上記実施例の照明光学系を用いれば所望の有効光源分布を、効率を落とすことなく、高い解像性能を発揮できる露光装置を実現することができる。

【実施例4】

【0061】

以下、本発明を液浸式露光装置に適用した実施例4について説明する。

【0062】

図12は本発明による液浸式露光装置の構成を示す図であり、紙面の上下方向（z方向）が実際の垂直方向に対応する。なお、実施例1と同様の部材には同じ番号をもちいている。

【0063】

本実施例においては、照明装置ISからの露光光はレチクル16を照明し、レチクル16のパターンは投影光学系21'によって縮小されて感光性の基板としてのレジストが塗布されたウエハ22に投影され転写される。ここで、照明装置ISは実施例1と同様の構成であり、図1における光源としてのレーザ1と、照明光学系としてのビーム整形光学系2からコリメータ15までの部材とを含むものである。

【0064】

本実施例の液浸式露光装置は、所謂ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であり、レチクル16とウエハ22とが同期走査され露光が行われる。

【0065】

投影光学系終端部77は投影光学系PLの一部をなし、例えば光学素子としてのレンズからなり、最もウエハ22に近い位置に配置されている部材である。

【0066】

79aは液体供給装置であり、管73a、ノズル71aを介して、液体を投影光学系終端部6とウエハWの間に供給し、液膜7を形成させるものである。

【0067】

また、9bは液体回収装置であり、ノズル71b、管73bを介して、液体を回収するものである。

【0068】

なお、液浸式露光装置で用いる液体は、露光光をできるだけ吸収することなく透過させなければならぬなどの条件が必要である。ArFやKrFエキシマレーザを光源として用いた液浸式露光装置では、液体として純水を用いることができる。

【0069】

本実施例では、照明光学系として、光路を2つにわけ、少なくとも一方の光路にCGHと偏光ユニットを置いて、インテグレートの入射面で両者を再統合する照明光学系を用いているので、所望の有効光源形状の形成と偏光制御が容易に可能となり、レジスト内で結像光が直交する場合であっても解像性能に影響をあまり与えないようにすることができる。

【実施例5】

【0070】

以下、実施例 5 について説明する。

【0071】

図 1 3 は、本発明の実施例 5 の露光装置の概略をあらわす図である。

【0072】

実施例 1 ～ 4 では、光源としてレーザを 1 つのみ用いていた。しかし、本実施例では、光源としてレーザ 1 a とレーザ 1 b の 2 つを用いている。

【0073】

実施例 1 においては、ビーム整形光学系 2 から出た光をビームスプリッタ 3 で分割して 2 つの光束としていた。しかし、本実施例においては、30 と 40 は折り曲げミラーであり、ビーム整形光学系 2 a, 2 b から出射した光束を夫々偏光ユニット 5 a, 5 b へと導いている。なお、図 1 2 においても、実施例 1 と同様の役割を担う部材には同じ番号をもちいている。

10

【0074】

この場合に、レーザ 1 a, 1 b からの夫々の光が折り曲げミラー 30, 40 に入射する際、その夫々の光の偏光方向が互いに直交しているように構成すると良い。

【0075】

本実施例では、光源をレーザ 2 つで構成していたが、それには限定されず、レーザは 3 個以上でも良い。例えば、実施例 2 において、光源をレーザ 4 つで構成しても良い。

【0076】

また、本実施例の照明装置（レーザ 1 a, 1 b ～ コリメータ 1 5 までの部材）を実施例 4 の液浸式露光装置に用いても良い。

20

【0077】

実施例 1 ～ 5 においては、露光装置として所謂ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を用いたが、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置を使用してもよい。

【実施例 6】

【0078】

次に、前述した露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0079】

図 1 4 はデバイス（IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネルや CCD）の製造フローを示す。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いて基板（被処理体）としてのウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハとを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

30

【0080】

図 1 5 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2 ではウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハにレジスト（感材）を塗布する。ステップ 1 6（露光）では前述した露光装置によってマスクの回路パターンの像でウエハを露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらステップを繰り返し行うことによりウエハ上に回路パターンが形成される。

40

【0081】

50

本実施例の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度のデバイスを製造することが可能になる。

# 【0082】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

# 【図面の簡単な説明】

# 【0083】

【図1】本発明の実施例1の露光装置を表す図である。

【図2】本発明の原理を説明する図である。

【図3】4重極照明を実現させた例を表す図である。

10

【図4】2重極照明を実現させた例を表す図である。

【図5】図4と直交する2重極照明を実現させた例を表す図である。

【図6】中心部が無偏光、周辺が切線方向の偏光を持つ照明を実現させた例を表す図である。

【図7】 $\pm 45^\circ$ 方向の部分が切線方向の偏光を持つ輪帯照明を実現させた例を表す図である。

【図8】本発明の実施例2の照明光学系の一部を表す図である。

【図9】切線方向の偏光を持つ輪帯照明を実現させた例を表す図である。

【図10】本発明の実施例3の照明光学系の一部を表す図である。

【図11】十字の非照明部の周辺の、 $\pm 45^\circ$ 方向の部分が無偏光、 $\pm 90^\circ$ 方向の部分が切線方向の偏光を持つ照明を実現させた例を表す図である。

20

【図12】本発明の実施例4の液浸式露光装置を表す図である。

【図13】本発明の実施例5の露光装置を表す図である。

【図14】デバイスの製造フローを示す図である。

【図15】図14中のウエハプロセスを示す図である。

# 【符号の説明】

# 【0084】

1 レーザ

2 ビーム整形光学系

3 ビームスプリッタ

30

4 ミラー

5 偏光ユニット

6 CGH

7 コリメータ

8 光路統合素子

9 ミラー

10 インテグレータ

11 コンデンサ

12 スリット

13 コンデンサ

40

14 ミラー

15 コリメータ

16 レチクル

17 ビームスプリッタ

18 フォトディテクタ

21 投影光学系

22 ウエハ

23 チャック

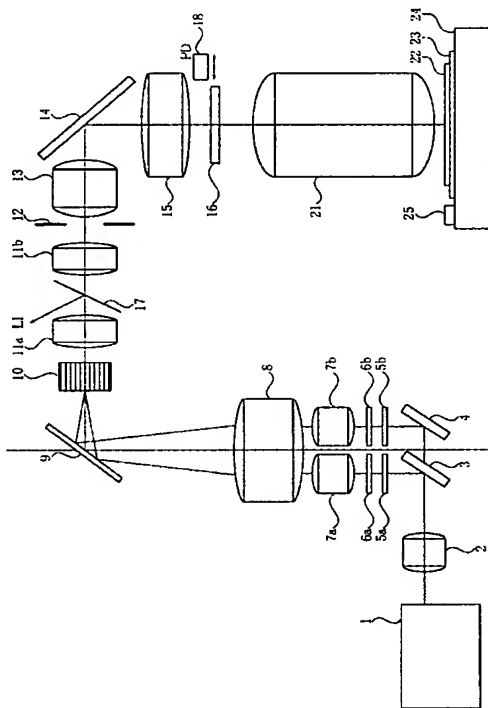
24 ステージ

25 光量検出系

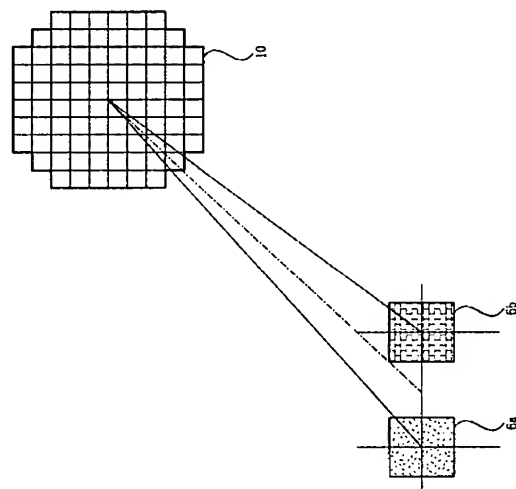
50

## 28 虹彩絞り

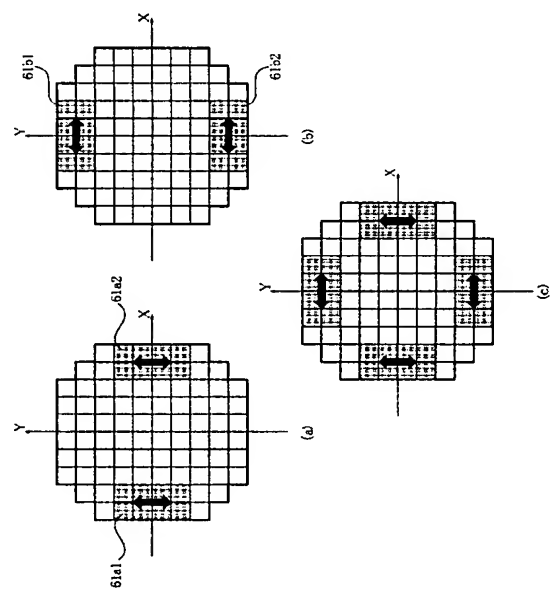
【図 1】



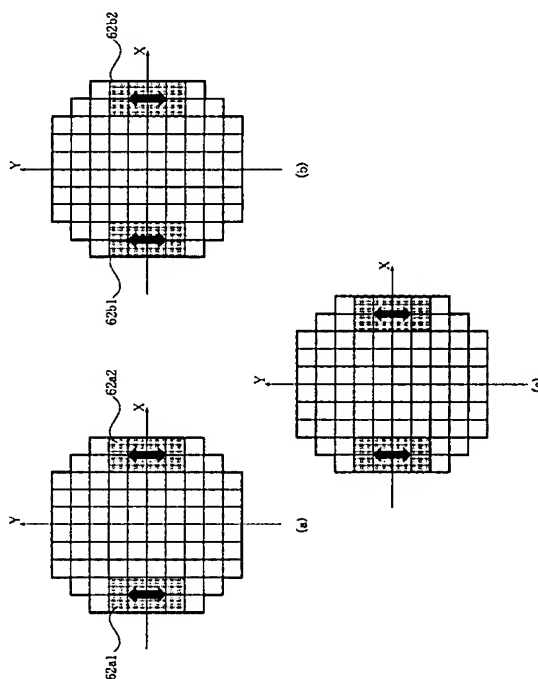
【図 2】



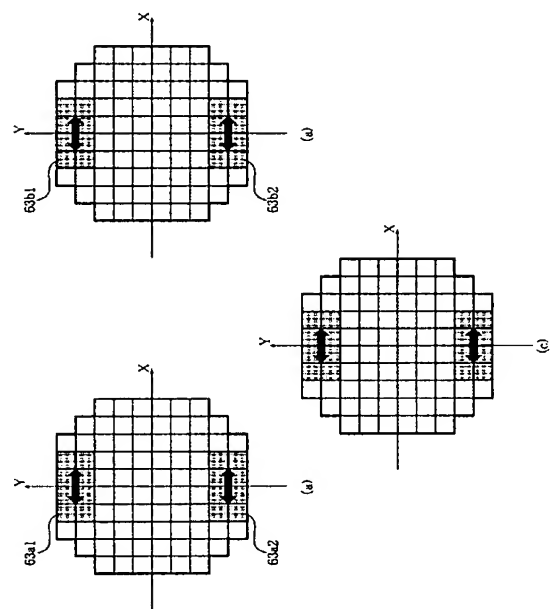
【図 3】



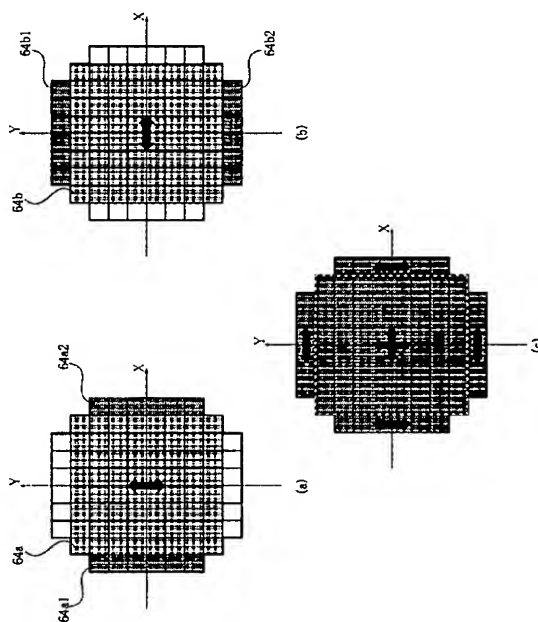
【図 4】



【図 5】

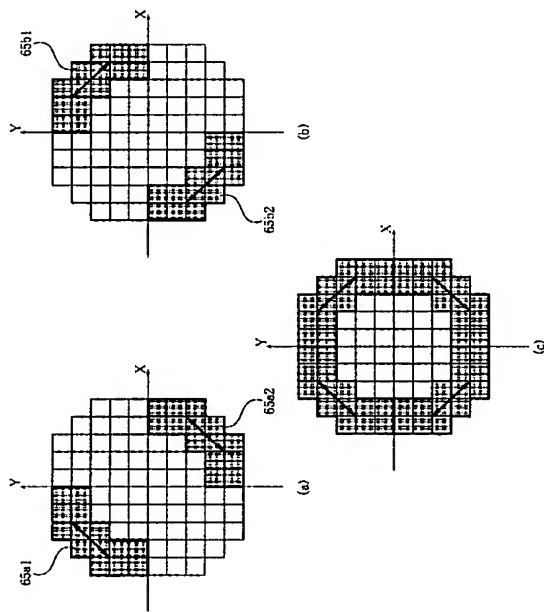


【図 6】

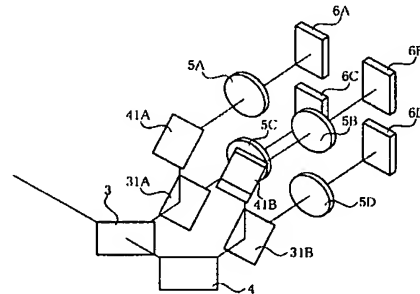




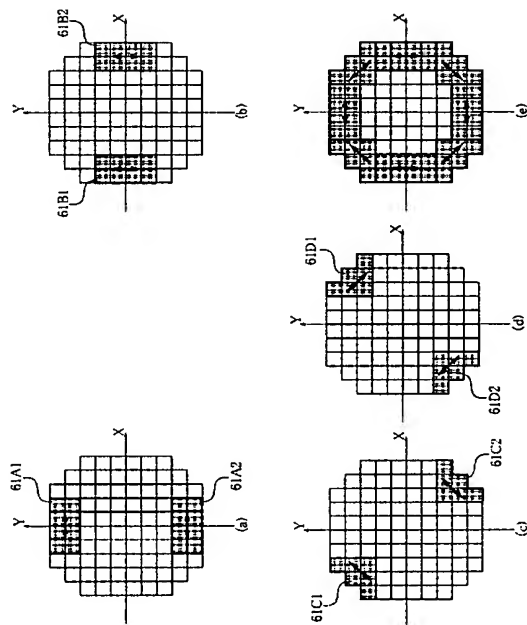
【図 7】



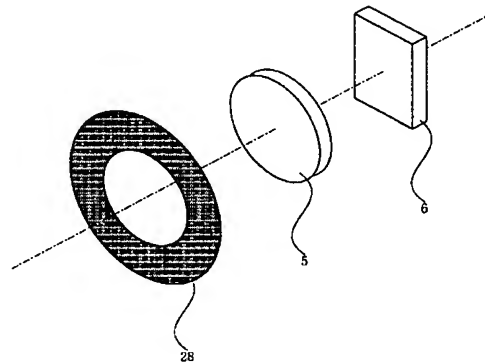
【図 8】



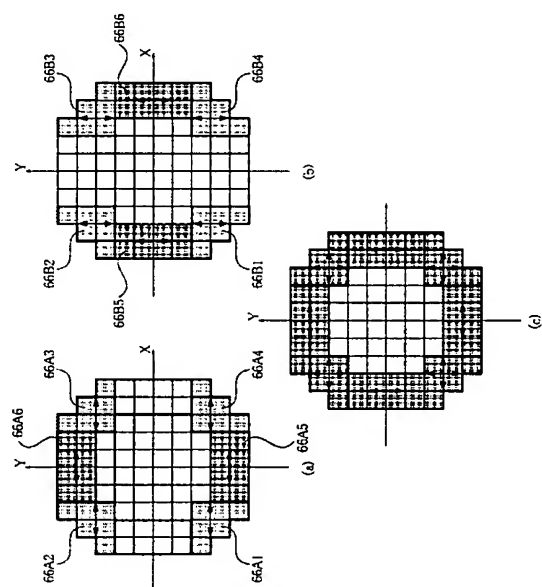
【図 9】



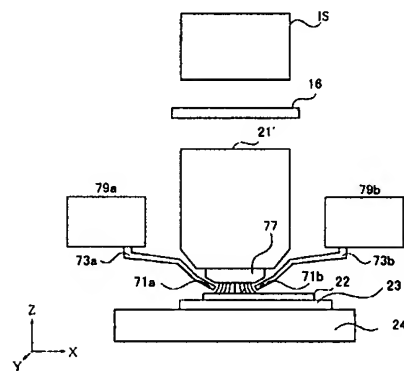
【図 10】



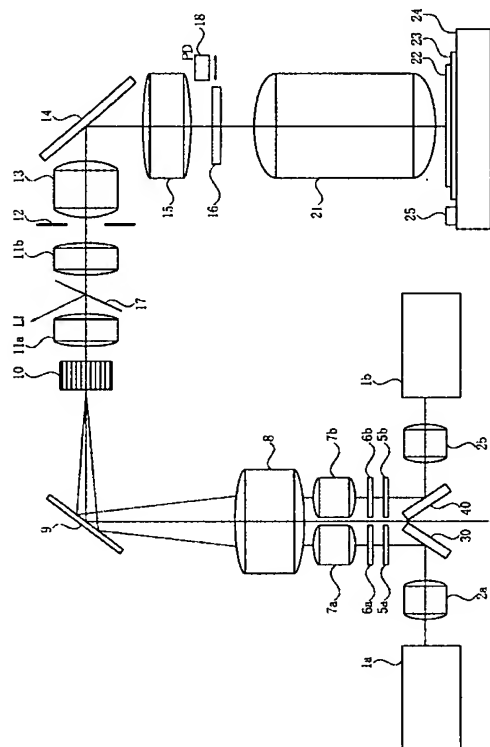
【 図 1 1 】



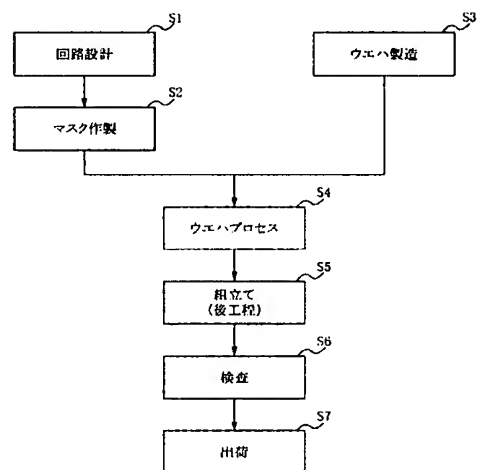
【圖 12】



【图 13】



【 図 1 4 】



【図 15】

